В. В. ПЯСЕЦКИЙ

ЦВЕТНОЕ

[redacted]

ББК 32.943
П99
[redacted]



художественную ценность, эмоциональность, становятся менее впечатляющими.

Следующее важное преимущество цветного телевидения — значительно лучшая отчетливость и разборчивость передаваемого изображения, большая определенность очертаний объектов на экране. В этом легко убедиться на простом примере: два соседних участка изображения, имеющих одинаковую яркость, но разный цвет, на черно-белом экране сливаются вместе, а на цветном будут видны как отдельные.

Цветное изображение приобретает некоторую стереоскопичность, так как цвет усиливает впечатление пространственности. Действительно, рассматривая картины художников, мы замечаем, что они имеют некоторую перспективу. Это достигается умелым подбором цвета красок и их насыщенности (вопрос V. 5).

Таким образом, цветное изображение по своей художественности, отчетливости, объемности значительно превосходит черно-белое, а соответствующее усложнение техники вполне окупается этими важными качественными показателями. Как в кино, так и в телевидении цвет значительно усиливает передаемую зрителю информацию, является сильнейшим средством воздействия на зрителя, позволяющим глубже и полнее раскрывать идейное содержание сюжета, повышать художественную силу воспроизводимых сцен и образов.

1.2. Какой цветной телевизор покупать?

На этот вопрос трудно дать определенный ответ, так как многое зависит от вкуса будущего владельца телевизора, требований, которые он предъявляет к приемнику. При этом необходимо учитывать и другие обстоятельства: производит ли ближайшее радиотелевизионное ателье техническое обслуживание и ремонт цветиых телевизоров; в каких частотных каналах метровых или дециметровых волн осуществляется телевизионное вещание в данной местности; далеко ли от передающей телевизионной станции расположен дом покупателя; какая величина экрана более всего подходит к размерам комнаты, а цвет футляра телевизора и его лицевая панель к меблировке и т. д.

В настоящее время ассортимент цветных телевизоров достаточно разнообразен. Постоянно совершенствуется их конструкция, повышается качество изображения, улучшается внешний вид. Поэтому различия в схемах цветных телевизоров даже с одним и тем же торговым названием весьма существенные. Перед покупкой телевизора следует прежде всего ознакомиться с основными техническими данными.

Наибольшее распространение получили телевизоры II класса популярной серии 714: «Рубин», «Рекорд», «Таурас», «Темп», «Чайка», «Электрон», «Фотон», «Янтарь», «Лазурь», «Садко». Расширяется ассортимент унифицированных лампово-полупроводниковых телевизоров повышенной комфортабельности серии 700, в которых используется всеволновый селектор каналов с электронной настройкой и блок сенсорного* выбора программ.

В блоках цветности этих телевизоров применяются интегральные микросхемы (ИМС). Модель «Горизонт-723» имеет кроме того автономную акустическую систему со встроенным усилителем низкой частоты, выполненную в виде подставки. Акустическая система может использоваться для подключения различных источников программ. В телевизоре «Горизонт-728» установлен модернизированный блок радиоканала (БРК-3), в котором отсутствует узел согласования с селектором каналов.

В лампово-полупроводниковых телевизорах «Горизонт-736», «Элект-

---

* Sensum (лат.) — чувствовать, ощущать.

рон-736» применен новый селектор каналов метрового диапазона СК-М-24, который в отличие от селектора СК-М-15 барабанного типа имеет электронное управление. В телевизорах серии 736 предусмотрена установка селектора СК-Д-24, предназначенного для приема передач на дециметровых волнах. В отличие от аналогичного блока типа СК-Д-24 предусмотрено электронное управление. Значительно повышена надежность этих телевизоров за счет использования полупроводниковых приборов и ИМС. Все перечисленные телевизоры имеют блочную конструкцию.

С 1981 г. значительно увеличен выпуск блочно-модульных телевизоров нового поколения. К ним относятся полупроводниково-интегральные цветные телевизоры II класса серии Ц202 с размером экрана 61 см по диагонали: «Березка», «Рекорд», «Рубин», «Славутич», «Темп», «Чайка». В этих телевизорах применены ИМС и тиристоры в строчной развертке. Использование полупроводниковых приборов и ИМС позволило по сравнению с лампово-полупроводниковыми моделями снизить на 50 Вт потребляемую мощность и на 10 кг массу.

Телевизор «Темп-Ц203», «Темп-Ц207», «Темп-Ц208» представляют собой модификации модели «Темп-Ц202». В модели «Темп-Ц207» предусмотрена возможность установки блока передачи звукового сопровождения на инфракрасных (ИК) лучах на специальные головные телефоны. В модель «Темп-Ц208» можно подключить блок беспроводного дистанционного управления на ИК-лучах. Телевизор «Рубин-Ц205» имеет встроенное видеоигровое устройство.

В конце 1982 г. началось производство первой отечественной модели унифицированного цветного телевизора II класса на новой элементной базе — больших гибридных интегральных микросборках (БГИМС), которые выполнены по гибридной тонко- и толстопленочной технологии с применением бескорпусных микрорадиоэлементов, транзисторов, диодов и микросхем. По функциональному назначению микросборки включают в себя значительную часть электрической схемы телевизора и эквивалентны соответствующим модулям на печатных платах, но по размерам значительно меньше последних. Использование фильтров на поверхностно-акустических волнах (ПАВ) позволило обеспечить высокую повторяемость частотных характеристик радиотракта. В трактах усиления промежуточных частот изображения и звука фильтры являются ненастраиваемыми элементами, в которых частотная характеристика определяется топологией (рисунком) тонкопленочной структуры, напыленной на специальный материал с пьезоэлектрическими свойствами. В телевизоре применен импульсный блок питания без традиционного силового трансформатора питания. Блоки питания и строчной развертки конструктивно совмещены, а шасси телевизора гальванически отделено от питающей сети строчным трансформатором.

Применение БГИМС, фильтров ПАВ, оптимальных схемно-технических и конструктивных решений позволило по сравнению с полупроводниково-интегральными телевизорами серии Ц202 снизить потребляемую мощность на 60 Вт, а массу на 15 кг. В результате этих мер телевизор «Горизонт-Ц257» отличается самым малым из цветных аппаратов II класса потреблением электроэнергии (не более 125 Вт) и почти вдвое меньшим весом (масса не более 38 кг). Телевизор можно эксплуатировать без стабилизатора напряжения, даже если напряжение сети выше или ниже нормы.

Отличительной особенностью телевизора «Горизонт Ц-256Д» является наличие в нем системы дистанционного управления (СДУ-3), работающей в инфракрасном диапазоне волн. Система дистанционного управления позволяет с расстояния до 6 метров проводить включение любой из шести

программ, регулировку яркости, насыщенности, громкости, установку среднего значения этих регулировок и выключение телевизора.

Самые большие экраны (67 см по диагонали и углом отклонения 110°) имеют телевизоры «Электрон-Ц260», «Электрон-Ц265», «Электрон-Ц275», «Рубин-Ц230». Важное достоинство новых моделей — использование бестрансформаторного блока питания. Телевизоры «Электрон-Ц275», «Электрон-Ц280» оборудованы электронными часами — таймерами. Часы могут автоматически включать и выключать телевизоры в заранее заданное время. В этих телевизорах кинескопы с самосведением лучей.

С 1984 г. начато серийное производство цветного телевизора III класса «Горизонт-Ц355». В этом телевизоре, полностью собранном на транзисторах и ИМС, применен щелевой кинескоп повышенной яркости 51ЛК2Ц с размером по диагонали 51 см. Телевизор довольно экономичен — потребляемая от сети мощность не превышает 80 Вт, масса телевизора — не более 27 кг. Предполагается, что он станет самым массовым.

Среди новых моделей — переносные телевизоры с размером экрана 32 см: «Шилялис-Ц410» и «Юность-Ц404». За счет бестрансформаторного блока питания у телевизора «Шилялис-Ц410» снижена потребляемая мощность и масса. Переключатель программ в нём кнопочный, конструкция — блочно-модульная. В телевизоре «Юность-Ц404»— сенсорный переключатель программ.

Новый переносный цветной телевизор размером экрана 25 см «Шилялис-Ц420Д», как и телевизор «Электроника-Ц430», имеет бестрансформаторное питание и блочно-модульную конструкцию. Выпуск лампово-полупроводниковых телевизоров — УЛПЦТ-61 и УЛПЦТИ-61, обладающих большой массой и потребляемой мощностью, постепенно будет сокращаться.

I. 3. Что означает индекс, который добавляется к торговому названию цветного телевизора?

Производственные объединения и радиозаводы присваивают выпускаемым ими цветным телевизорам определенные названия: «Рубин», «Радуга», «Рекорд», «Электрон», «Горизонт», «Чайка», «Весна», «Темп», «Фотон», «Янтарь», «Витязь», «Садко», «Лазурь», «Березка», «Славутич», «Шилялис», «Юность», «Спектр», «Электроника».

С 1 января 1978 г. установлен отраслевой стандарт, согласно которому к торговому названию телевизора добавляется трехзначный индекс. Первая цифра 7 в трехзначном числе означает, что этот телевизор цветной, а две следующие — номер разработки. Например, «Рубин-710» : 7 — цветной, 10 — десятая разработка. (В трехзначных индексах для черно-белых телевизоров первая цифра означает класс: первый — 1, второй — 2, третий — 3, четвертый — 4).

Если в цветном телевизоре установлен селектор каналов дециметрового диапазона, то к названию его добавляется буква «Д», например, «Радуга-714Д».

Первыми унифицированными были цветные телевизоры «Рубин-707», «Радуга-703», «Рекорд-705» (вопрос III. 1). Выпускали их разные заводы по единой технической документации и технологии, лишь с разными эстетическими свойствами. Позднее таким телевизорам, начиная с 11-го, стали присваивать одинаковый номер разработки («Рубин-711», «Чайка-711», «Весна-711», «Фотон-711», «Рекорд-714», «Рубин-714» и др.).

Приемники цветного телевидения с 1 января 1978 г. выпускаются согласно ГОСТ 21042—75. «Тракты телевизионные вещательные цветного изображения. Приемники телевизионные. Основные параметры. Методы измерений четырех классов». В связи с тем что выпуск телевизоров согласно указанному ГОСТу должен осуществляться по I, II, III и IV классам (IV класса только переносные телевизоры), изменилась и система индек-

сации (маркировки). До 1981 г. все выпускаемые цветные телевизоры были только II класса и обозначались только цифрой 7. Разумеется, что такая система индексации могла быть приемлемой, пока в продаже были телевизоры только одного класса.

Во втором поколении цветных телевизоров индексация типа и торговой марки изменены. Названия унифицированных телевизоров второго поколения отличаются тем, что цифра 7 заменена буквой Ц, а цифра 2 трехзначного числа обозначает класс телевизора, две следующие цифры — номер разработки. Например, название «Темп-Ц202» обозначает: Ц — цветной, 2 — второй класс, 02 — вторая разработка (модификация); «Шилялис-Ц401»: Ц — цветной, 4 — четвертый класс, 01 — первая разработка.

Тип (шифр модели) цветного телевизора указывается вместе с торговым названием: унифицированная модель — У, ламповый — Л, лампово-полупроводниковый — ЛП, полупроводниковый — П, цветной — Ц, телевизор — Т, интегральный — И, модульный — М. Далее указывается размер по диагонали экрана кинескопа, класс (римская цифра), а при модернизации добавляется цифра, указывающая очередную модернизацию. Например, шифр УЛПЦТ-59-II-2 обозначает: унифицированный лампово-полупроводниковый цветной телевизор с размером экрана 59 см, II класса, 2-я модернизация. Шифр УПИМЦТ-61-II-1 обозначает: унифицированный, полупроводниковый, интегральный, модульный, цветной телевизор с размером экрана 61 см, II класса, 1-й модернизации.

С 1982 г. введены обозначения шифра телевизоров, которые основаны на новом принципе их разделения: на стационарные и переносные. Цифра в начале обозначения указывает на последовательность разработки телевизора. Например: 2УСЦТ-61 («Горизонт-Ц255») — 2-я разработка, унифицированный, стационарный, цветной телевизор, диагональ экрана 61 см; 4УПИЦТ-51 («Рекорд-ВЦ311») — 4-я разработка, унифицированный, переносный, интегральный, цветной телевизор, диагональ экрана 51 см.

О классе модели свидетельствует лишь цифра (первая) в торговом названии телевизора.

I. 4. Как проверить качество цветного телевизора при покупке в магазине?

После включения цветного телевизора и прогрева его радиоламп и кинескопа, то есть спустя 3—5 мин, с помощью основных органов управления добиваются наилучшего изображения (сначала черно-белого, а затем цветного) и звукового сопровождения. Черно-белое изображение получают при передаче программы цветного телевидения выключением тумблера «Цветность» каналов цветности. Через 10—15 мин после включения, когда установится нормальный тепловой режим телевизора, следует произвести его подстройку.

Заводы выпускают телевизоры в полном соответствии с нормативно-технической документацией, хорошо отрегулированными. В розничной торговой сети они проходят сплошной контроль качества. Практически это означает, что любой телевизор, приобретаемый в магазине, должен быть проверен продавцом во время передачи телевизионных испытательных таблиц (вопросы II. 7; II. 9) или цветной телепередачи. Подключается он, как правило, к антенне, обеспечивающей хорошее качество телевизионного приема. При обнаружении брака продавец обязан снять данный аппарат с продажи и не имеет права продать его даже при желании покупателя приобрести телевизор с обнаруженными дефектами. Ниже приводится последовательность проверочных операций при продаже. Их полезно знать не только продавцу, но и покупателю.

1. Проверка внешнего вида. Разумеется, внешний вид не является главной характеристикой телевизионного приемника и уступает по значимости качеству изображения. Вместе с тем начинать следует именно с проверки внешнего вида, ибо какими бы ни были другие характеристики, при наличии дефектов внешнего вида вы все равно не купите телевизор. Проверку внешнего вида целесообразно начинать сразу же после включения телевизора на прогрев. Следует тщательно осмотреть, нет ли видимых дефектов на корпусе телевизора, ручках управления, декоративных решетках. Ввиду того, что корпус чаще всего изготавливается из дерева и отделан шпоном ценных пород, проверяют отсутствие царапин, потеков лака, отслоение шпона. В пластмассовом корпусе (переносные телевизоры) не должно быть трещин, заусениц, остающихся после штамповки, сколов, царапин, вмятин и других дефектов, ухудшающих внешний вид. На наружных деталях не допускаются следы обработки, видимые невооруженным глазом.

Ручки управления и декоративные решетки изготавливаются из пластмассы, и к их качеству предъявляются такие же требования, как и к пластмассовым корпусам. Все органы управления должны быть прочно закреплены и иметь плавный ход при перемещении. Исключение составляет барабанный селектор каналов метрового диапазона, который переключается скачками и должен жестко фиксироваться в каждом из 12 каналов (вопрос III. 5).

Кинескоп без перекосов должен быть установлен вплотную к передней панели корпуса, не иметь царапин и сколов на экране. Задняя стенка футляра телевизора тоже должна быть плотно привинчена к футляру без механических повреждений. После внешнего осмотра футляра телевизора и кинескопа нужно удостовериться в целости заводских пломб.

2. Проверка качества изображения. Приобретая телевизор, необходимо проверить наличие приема телепрограмм на всех действующих каналах. Изображение не должно перемещаться по горизонтали или вертикали; помех, ухудшающих телевизионный прием, яркостный или цветной фон, не должно быть. Изображение должно быть четким и ясным, заполнять весь экран (за исключением тех случаев, когда передаются широкоэкранные фильмы). Форма предметов, воспроизводимых на экране, не должна искажаться. Нужно, чтобы мелкие детали (пальцы рук, глаза) были хорошо различимы, что возможно только при хороших фокусировке, четкости и сведении лучей (вопросы II.5,6). Черно-белое изображение должно быть приятным для глаза, содержать полутона не только белого и черного, но и серого цвета, не должно быть цветовой окантовки и пятен.

При цветном изображении правильность цветопередачи оценивают по цвету часто встречающихся в быту и природе предметов, цвету лица человека, по отсутствию пятен, шумов и помех. Вертикальные границы между участками изображения разного цвета должны быть резкими, цветонасыщенными (вопрос V. 5).

Специалист, как правило, оценивает качество изображения по испытательным таблицам, позволяющим проверить многие параметры телевизора. Состоят они из геометрических фигур определенного цвета и размера (вопрос II. 8). По точности воспроизведения их на экране можно судить о настройке соответствующих узлов и технических возможностях телевизора.

3. Проверка качества звучания. По своим электроакустическим параметрам звуковой канал цветных телевизоров II класса (УЛПЦТ-59-II, УЛПЦТИ-59/61-II и др.) соответствует требованиям на телевизоры I класса.

При прослушивании звукового сопровождения (желательно слушать речь диктора) необходимо обратить внимание на работу регулятора «Громкость». При вращении ручки этого регулятора или перемещении его ползунка уровень громкости должен меняться плавно, без шорохов и тресков, прерывания и скачков громкости. Звук должен быть громким и отчетливым. Далее, установив желаемую громкость, необходимо проверить работу регуляторов тембра по низким и высоким частотам.

Дополнительно следует проверить отключение звука с основных громкоговорителей. Обычно выключатель звука совмещен с регулятором тембра низких частот.

Необходимо обратить внимание и на работу системы автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ, вопрос III. 9). Для этого включают ручную подстройку частоты гетеродина (тумблер «Ручная — автомат») и вращением потенциометра ручной регулировки частоты гетеродина «Настройка» добиваются пропадания или значительного ухудшения качества принимаемого изображения и звука. После этого необходимо перевести тумблер в положение «Автомат». Если система АПЧГ работает хорошо, то на экране телевизора вновь появится качественное изображение и будет прослушиваться хороший звук.

При многопрограммном вещании следует проверить прием в каждом из действующих каналов. Когда вновь будет включен нужный канал, изображение и звук должны появиться мгновенно при включенной системе АПЧГ, либо после незначительной подстройки в случае ручного управления частотной гетеродина.

ГЛАВА II

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЦВЕТНЫХ ТЕЛЕВИЗОРОВ

II. 1. Может ли телевизор, работающий долгие часы, загореться от перегрева?

Исправный телевизор загореться не может. Случаи же самовозгорания неисправного телевизора известны. Особенно опасны в пожарном отношении цветные телевизоры, в которых применяются более мощные источники питания и повышенное напряжение по сравнению с телевизорами черно-белого изображения.

Основная причина самовозгорания телевизора — нарушение правил его эксплуатации, прежде всего неудовлетворительной вентиляции. Если телевизор закрыт салфетками, декоративными тканями, рядом находятся шторы, ковры, это нарушает режим его охлаждения. По той же причине не стоит ставить телевизор в проеме мебельной «стенки» без достаточных зазоров от боковых, нижней и верхней плоскостей футляра и задней стенки. Пожар может начаться из-за попадания влажного воздуха или влаги внутрь телевизора, от перегрева деталей телевизора из-за скопившейся на них пыли.

Ни в коем случае не следует пользоваться самодельными или не соответствующими типами предохранителей — это тоже грозит пожаром. Если часто сгорают предохранители, телевизор гудит, трещит, пахнет озоном или горящей изоляцией, то необходимо немедленно выключить его и вынуть вилку сетевого шнура из розетки. Не пытайтесь самостоятельно определить причину и характер неисправности то включая, то выключая телевизор. Обязательно вызовите радиомеханика.

Если возгорание все же произошло, действуйте быстро и решительно:

выключите телевизор, выньте сетевую вилку из розетки, накройте его плотной тканью, одеялом, чтобы в первую очередь прекратить доступ воздуха в нижнюю часть корпуса. Лить холодную воду при сильном пламени нельзя, так как это может привести к растрескиванию радиоламп и взрыву кинескопа. Пламя лучше сбить куском материи, предварительно сняв заднюю стенку футляра телевизора. Для быстрого снятия стенки футляра ее не обязательно крепить на все винты, которые предусмотрены конструкцией телевизора.

II. 2. Какое влияние оказывает магнитное поле Земли на качество цветного изображения?

Хорошее качество изображения на экране масочного кинескопа достигается лишь в том случае, если электронные лучи красной, зеленой и синей пушек проходят через одно из отверстий маски, в которое в данный момент отклоняющей системой направлены лучи. При этом они должны попадать на точки соответствующего люминофора одной триады, суммарное свечение которой будет иметь цвет, зависящий от интенсивности лучей (вопрос III. 39).

Если сравнить диаметр отверстий (0,25—0,3 мм) и расстояние от электронной пушки до маски (десятки сантиметров), то можно представить, с какой точностью электронный луч должен попадать в отверстия теневой маски. Поэтому даже слабые внешние магнитные поля, в особенности постоянно действующее поле Земли, отклоняя электронные лучи, нарушают точность их попадания в отверстия маски, а следовательно, и ухудшают качество цветного изображения. Чтобы избежать влияния на работу кинескопа магнитных полей, создаваемых различными электромагнитными устройствами, цветной телевизор помещают вдали от них.

А каким путем устранить влияние магнитного поля Земли на электронные лучи кинескопа? Дело в том, что магнитное поле Земли неодинаково по величине и направлению в различных точках земного шара и хотя его влияние можно учесть, однако это возможно только для одного положения телевизора. Влияние вертикальной составляющей магнитного поля Земли не зависит от ориентации кинескопа в горизонтальной плоскости, вносимые искажения могут быть скомпенсированы в определенных пределах соответствующими регулировками. Влияние горизонтальной составляющей различно при различной ориентации кинескопа, поэтому, если телевизор, ориентированный в определенном направлении, настроить, а затем изменить его ориентацию, то качество изображения может ухудшиться.

Вблизи экрана эту функцию выполняет металлическая рама (бандаж). В области конуса необходимо поместить антимагнитный экран из магнитно-мягкого материала (обычно электротехническая сталь марки ЭАА). Исследования показали, что для экранировки пригоден листовой металл толщиной 0,5 мм. Лучшие результаты достигаются при экранировании всего конуса. Выполнение этого условия ограничивается положением отклоняющей системы со стороны цоколя. Со стороны же экрана кинескопа магнитный экран подгоняется к наружным размерам контура бандажа. На нем имеются подрезы и ушки для направления и крепления размагничивающих катушек. Выемка вокруг анода трубки рассчитывается так, чтобы не было пробоя на магнитный экран. Кроме того, на нем имеются две контактные пружины, которые создают хорошее электрическое соединение с аквадаговым покрытием. Экран надевают на конус кинескопа при угле отклонения лучей 90° или помещают внутрь конуса при угле отклонения 110°. Металлический бандаж и антимагнитный экран показаны на рис. II. 1.

Поскольку магнитный экран, металлическая рамка кинескопа, а также

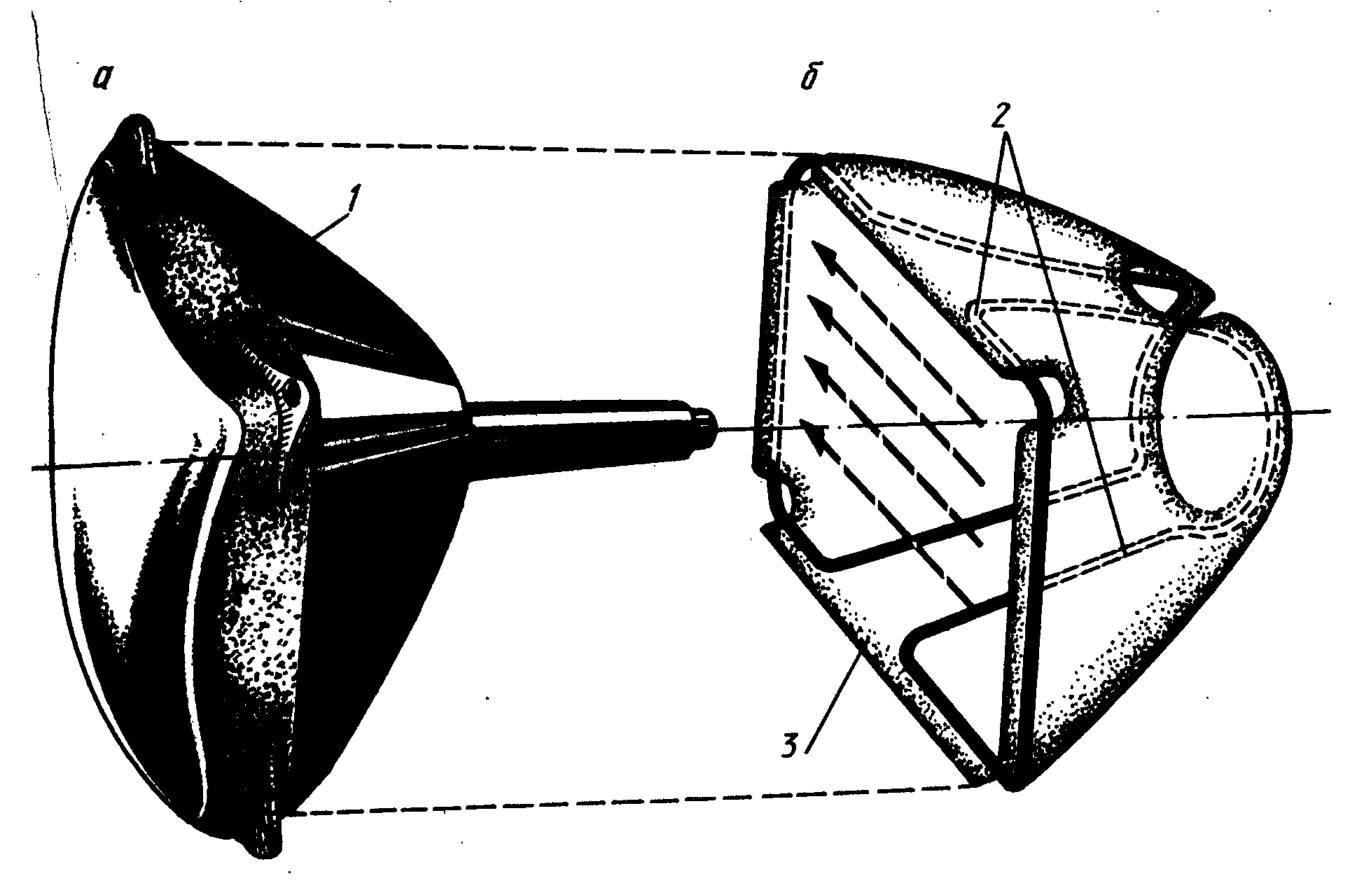


Рис. II. 1. Устройство размагничивания кинескопа:

а — внешний вид кинескопа: 1 — металлический бандаж; б — антимагнитный экран: 2 — петля размагничивания; 3 — стальной экран

теневая маска сделаны из материала с магнитной проводимостью и обладают остаточным магнетизмом, то они также от соприкосновения с намагниченной отверткой или плоскогубцами могут намагничиваться внешними магнитными полями. Это также приводит к искажению траекторий электронных лучей и видимым искажениям на экране кинескопа. Поэтому телевизор необходимо снабдить размагничивающим устройством.

Петля размагничивания состоит из двух последовательно соединенных многовитковых катушек, располагаемых на магнитном экране, как показано на рис. II. 1, б. Для размагничивания экрана через петлю пропускают переменный затухающий ток частотой 50 Гц с начальным размахом ($I_{макс}$) 4—10 А, конечным размахом ($I_{мин}$) не более 20 мА и временем затухания 1—3 с. При этом в экране создается переменное магнитное поле, которое изменяет ориентацию элементарных магнитных частиц — «доменов» — магнитного экрана 50 раз в секунду и ослабляет их взаимосвязи. На рис. II. 2, а и б показано прохождение тока петли размагничивания через экран кинескопа и форма тока в петле размагничивания.

Таким образом, благодаря прохождению быстро затухающего магнитного поля в кинескопе создается магнитное поле такой же интенсивности, как и магнитное поле Земли в месте установки телевизора, но противоположно направленное. Фактически создаваемое петлей поле намагничивает антимагнитный экран, маску, бандаж до уровня магнитного поля Земли, но ориентация доменов в них оказывается противоположной.

Для определения эффективности компенсации магнитного поля Земли телевизор устанавливают так, чтобы плоскость экрана кинескопа была параллельна направлению стрелки компаса. Затем добиваются чистоты красного поля (вопрос II. 3). Далее поворачивают телевизор вокруг вертикали на 180° и фиксируют изменение чистоты красного поля (колориметром или визуально). После этого телевизор на 5—10 минут выключают и снова включают. Если чистота красного поля стала такой же, как она

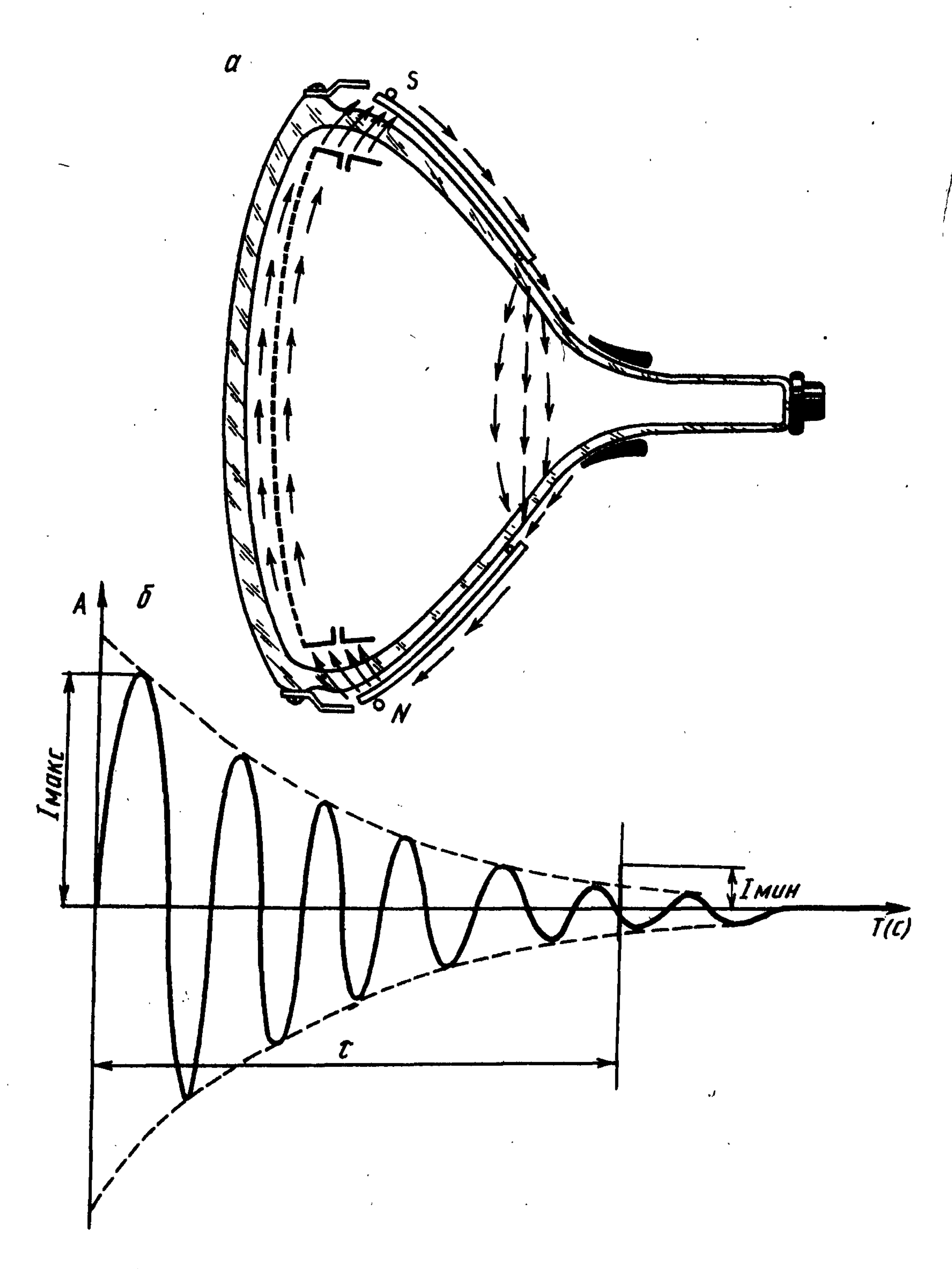


Рис. II. 2. Работа устройства размагничивания кинескопа:

а — прохождение тока петли размагничивания через экран кинескопа, *б* — форма тока в петле размагничивания при включении (выключенни) телевизора

была до поворота телевизора, работу устройства перемагничивания считают эффективной.

II. 3. Что такое чистота цвета и как она регулируется?

Чистота или однородность цвета свечения экрана получается при попадании каждого из трех электронных лучей кинескопа в центры соответствующих им люминофорных точек (цв. рис. III. 42). Это означает, что все три электронных луча, проходя через одно отверстие теневой маски под определенным углом (цв. рис. III.40), должны попадать на точки люми-

нофора только «своего» цвета. Невыполнение этого условия из-за неточной юстировки отклоняющей системы, системы сведения и магнитов, расположенных на горловине кинескопа, деформации маски или намагничивания ее и деталей, расположенных рядом с кинескопом, приводит к окрашиванию полей основных цветов пятнами каких-либо других цветов и появлению слабо окрашенных цветовых областей на белом поле экрана. Все это определяет степень чистоты свечения экрана в основных цветах и в белом.

Например, красное поле экрана считается однородным, когда загрязнение его со стороны зеленого и синего цветов незначительно или вовсе отсутствует. Белое поле считается однородным, когда имеется незначительная разница в цветовом оттенке от места к месту экрана вследствие непропорциональных величин основных цветов. Таким образом, чистота цвета или однородность цвета свечения экрана в основных цветах и их комбинациях (в желтом, голубом, пурпурном и белом) заключается в способности кинескопа воспроизводить правильный и однородный цвет в любой точке экрана.

При плохой однородности свечения экрана на черно-белом изображении будут заметны обширные цветовые пятна малой насыщенности,фиксированные по полю экрана (например, лицо крупным планом может иметь в верхней части один цветовой оттенок, в нижней — другой). На цветном изображении это вызовет искажение цвета в тех областях экрана, где однородность свечения нарушена. Такого рода искажения очень заметны и неприятны.

Однородность цвета свечения экрана кинескопа обеспечивается с помощью магнита чистоты цвета и оценивается при средней яркости и минимальной контрастности (в идеальном случае белое поле). Например, при воспроизведении равномерной серой поверхности нужно получить одинаковую плотность серого по всему экрану, которую можно оценить лишь в том случае, если на экран не попадает посторонний свет. Так, дневной свет, попадающий на экран, вызывает впечатление того, что цвет свечения неоднороден в углах или по краям, когда на самом деле этого нет. Однородность цвета свечения экрана также может ухудшаться из-за отражений цветных оконных штор, поэтому ее проверку целесообразно выполнять в затемненной комнате.

Поскольку регулировка однородности цвета свечения экрана производится со стороны задней стенки телевизора, для облегчения процесса регулировки у экрана следует установить зеркало, а для получения точных результатов желательно использовать лупу с большим увеличением. Если рассматривать центр экрана в лупу, то можно видеть, что при хорошей регулировке наблюдаются яркие кружочки, расположенные на одинаковом расстоянии друг от друга. В случае плохой регулировки видны усеченные красные кружки, рядом с которыми находятся усеченные синие или зеленые кружки.

Для быстрой оценки чистоты полей основных цветов можно использовать растровую лупу, которая представляет собой подобие теневой маски кинескопа. Практически в качестве растровой лупы можно использовать кружок диаметром 4—5 см, вырезанный из теневой маски старого кинескопа. Возникающая при взаимодействии структур люминофорного экрана и растровой лупы интерференционная картина представляет собой увеличенное изображение триад экрана. Растровая лупа накладывается на соответствующий участок экрана и поворачивается до тех пор, пока точечный растр не достигает желаемого увеличения. В результате при рассматривании через растровую лупу, например, красного поля при плохой его однородности, кроме красных люминофорных точек, видны зеленые и синие. При хорошей однородности видны только красные и черные точки. Наиболее

важной особенностью растровой лупы является ее способность выделять одну из трех поверхностей экрана, образованных люминофорами основных цветов без выключения каких-либо прожекторов (электронных пушек кинескопа).

Из-за меньшей эффективности светоотдачи красного люминофора на него направляется электронный луч большей интенсивности, вследствие чего нарушение однородности цвета свечения экрана наиболее заметно на красном растре. Поэтому первоначальную регулировку однородности (при первичной установке телевизора или замене кинескопа) целесообразно выполнять по красному растру, выключая синий и зеленый прожекторы или получая красный растр с помощью соответствующего испытательного сигнала от генератора. Регулировка чистоты цвета свечения экрана по красному полю является необходимой, но окончательная регулировка должна производиться по изображению белого поля.

Чистоту цвета не следует путать со сведением лучей. При регулировке однородности цвета свечения экрана всегда следует обращать внимание на тщательную настройку сведения. Поэтому, получив наилучшую однородность цвета свечения экрана, необходимо проверить статическое сведение (вопрос II. 5), особенно в центре экрана, и в случае необходимости подрегулировать его. После этого нужно вновь проверить и отрегулировать однородность цвета свечения экрана и вновь проверить статическое сведение. Эта процедура продолжается до получения наилучших однородностей цвета свечения экрана и статического сведения.

Регулировка чистоты цвета свечения экрана считается законченной, когда сведение лучей в центре экрана удовлетворительно. Если ошибка сведения значительна, то, возможно, необходимы проверка и установка динамического сведения (вопрос II. 6). Поэтому при первоначальной установке телевизора или после замены кинескопа рекомендуется, не задерживаясь на регулировках однородности цвета свечения и статического сведения, продолжать установочные операции, в том числе установку динамического сведения, и лишь затем вернуться к регулировке однородности цвета свечения экрана и сведения до достижения приемлемых результатов. Если хороших результатов не получается, необходимо повторить установочные операции, начав с размагничивания.

II. 4. Что такое баланс белого?

Баланс белого, называемый также цветовым балансом, характеризует отсутствие окрашивания черно-белого изображения в зависимости от различных уровней яркости. Цветовой баланс является одним из важнейших показателей качества черно-белого и цветного изображений на экране цветного телевизора. Так как белое свечение кинескопа получается при определенном сочетании энергий свечения трехцветных люминофоров, то из-за различной их эффективности воспроизведение серых тонов получается неокрашенным, если во всем диапазоне изменения яркости токи красного, зеленого и синего прожекторов имеют вполне определенное соотношение. Сохранение процентного соотношения токов лучей обычно затруднено различием в крутизне характеристик электронных прожекторов, поэтому регулировка баланса белого сводится к компенсации этих различий (вопрос II. 8, п. 10). Условие качественного баланса соблюдается в том случае, когда черно-белое изображение не приобретает каких-либо цветовых оттенков на всех уровнях яркости его деталей, то есть по мере изменения яркости объекта сохраняется его нейтральный тон. Сказанное справедливо и для цветного изображения.

В цветном изображении объекты при изменении их яркости не должны изменять свой цветовой тон. Белые, черные и серые детали изоб-

ражения определяют нейтральный тон, соответствующий стандартному белому (вопрос V. 12). Нейтральный тон черно-белых объектов и цветовой тон объектов цветного изображения не должен меняться во всем диапазоне регулировки яркости. Если этого не происходит, то баланс белого нарушен. Особое внимание на искажение такого рода следует обращать в темных участках изображения, так как в этом случае они наиболее заметны.

Получение качественного баланса белого затруднено тем обстоятельством, что электрические характеристики прожекторов и светоотдачи люминофоров цветного кинескопа имеют разброс, в связи с чем применяются различные методы и схемы регулировок. Не останавливаясь на существе этих методов, можно указать, что регулировки цветного кинескопа по ускоряющим электродам (оттенок на темных участках изображения), меняющие крутизну модуляционной характеристики каждого прожектора в отдельности, а также регулировки уровней яркостного видеосигнала (оттенок на светлых участках изображения), подаваемого в катодные цепи кинескопа, позволяют достичь правильного воспроизведения шкалы серых тонов.

На качество баланса белого оказывает влияние питающее напряжение. В зависимости от изменения его величины изображение будет приобретать либо пурпурный, либо зеленый оттенок. Хороший баланс белого нельзя получить также, если нарушена чистота цвета экрана (вопрос II. 3).

Регулировка баланса белого включает в себя регулировку статического и динамического балансов. Под статическим балансом понимают отсутствие цвета на темных участках черно-белого изображения, а под динамическим — отсутствие окраски черно-белого изображения во всем диапазоне изменения яркости и контрастности.

Регулировка баланса белого производится по испытательному изображению яркостных градаций (серая шкала), а также с помощью универсальных испытательных таблиц УЭИТ и ТИТ-0249. При этом обеспечивается такая нейтральность черно-белого изображения, чтобы у телезрителя, наблюдающего белые, серые и черные участки изображения не создавалось впечатление, что он находится перед цветным кинескопом. Регулировку баланса белого также желательно выполнять в затемненной комнате во избежание ошибок, которые незаметны в комнате с нормальным освещением.

II. 5. Что такое статическое сведение лучей?

Под статическим сведением необходимо понимать совмещение трех электронных лучей в центре экрана масочного кинескопа. Точка их пересечения должна располагаться в плоскости теневой маски. Такое сведение называется статическим, поскольку оно связано с совмещением неотклоненных лучей. Нарушение статического сведения лучей вызывает параллельное перемещение люминофорных растров в плоскости экрана (трех цветоделенных изображений; (вопрос VI. 7). На цв. рис. II. 3 показан пример статического рассовмещения лучей при воспроизведении на экране цветного кинескопа испытательного сигнала «Сетчатое поле». На черно-белом и цветном изображениях ошибки в сведении вызывает появление цветных окантовок вокруг контуров крупных и средних объектов, так называемое расслоение изображения, когда мелкие черно-белые детали воспроизводятся отдельно в каждом цвете.

Пересечение трех лучей в плоскости теневой маски обеспечивается при ориентации электронных лучей под углом 1° к центральной оси масочного кинескопа. В связи с существующими допусками на изготовление невозможно расположить электронные прожекторы абсолютно симметрично

под одним и тем же углом, поэтому возникают ошибки, которые необходимо корректировать при регулировке статического сведения.

Главной частью системы сведения лучей является узел, называемый регулятором радиального сведения лучей, который установлен на горловине кинескопа (рис. II. 4 и цв. рис. III. 41). Здесь, в центре экрана, расположены магниты статического сведения, которые представляют собой намагниченные по диаметру цилиндрики из феррита бария. Эти цилиндрики вставляются в разрез П-образного ферритового магнитопровода и укрепляются в вершинах равностороннего треугольника на общей плате, которая располагается на горловине кинескопа позади отклоняющей системы перпендикулярно к оси кинескопа. Внутри горловины кинескопа на участке действия поля магнитов сведения лучей вмонтированы специальные полюсные наконечники, так что электронный луч проходит в воздушном зазоре полюсных наконечников.

Регулятор сведеиия располагается на горловине кинескопа таким образом, чтобы каждый магнитопровод находился против соответствующих полюсных наконечников электронных прожекторов. Так как линии поля между полюсными наконечниками направлены перпендикулярно радиусам горло-

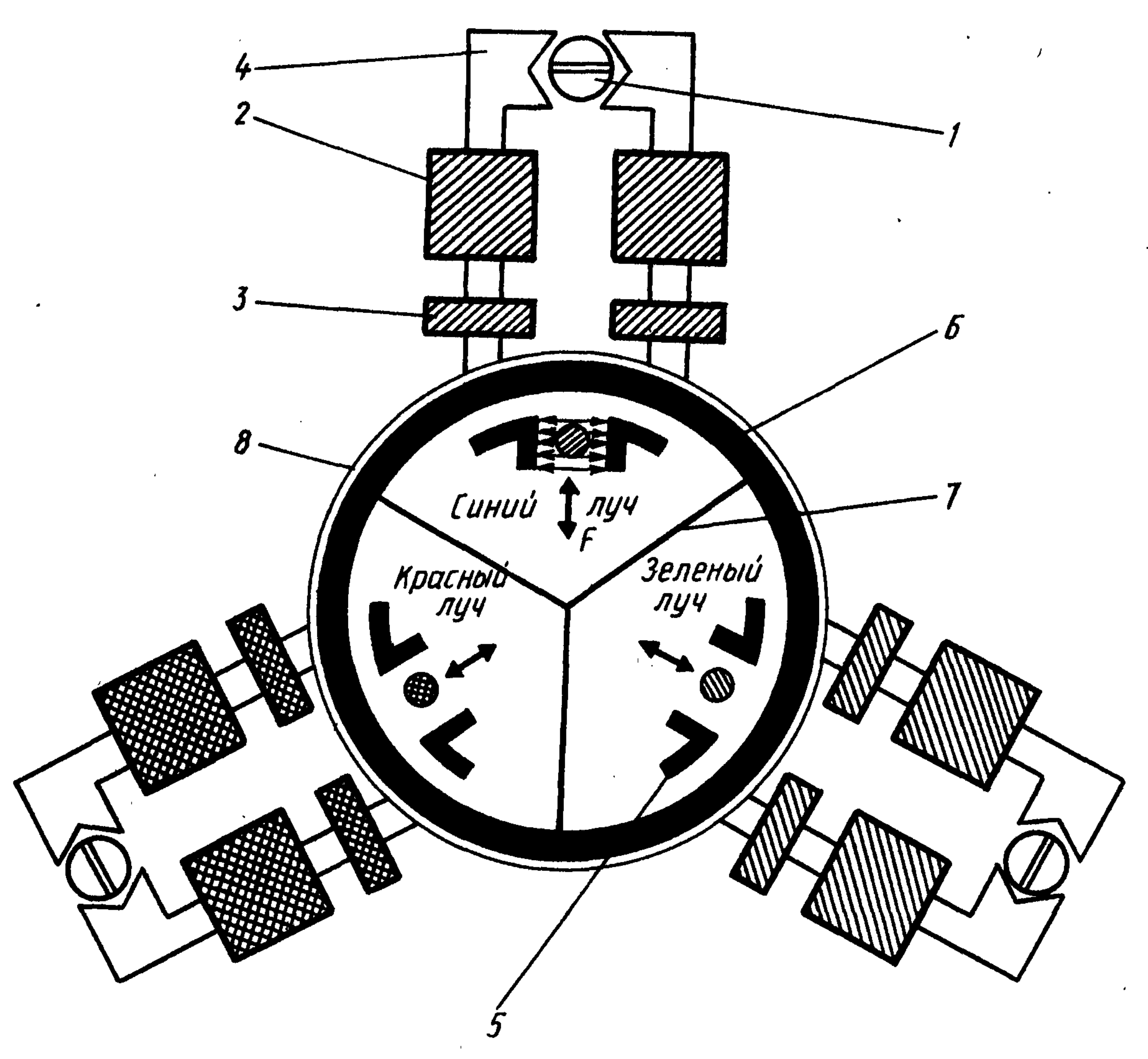


Рис. II. 4. Регулятор радиального сведения лучей:

1 — постоянный магнит статического сведения лучей; 2 — кадровые катушки системы динамического сведения; 3 — строчные катушки системы динамического сведения; 4 — ферритовый магнитопровод; 5 — внутренние полюсные наконечники; 6 — цилиндр сведения; 7 — экран; 8 — стеклянный цилиндр горловины кинескопа

вины, а электронный луч — перпендикулярно плоскости рисунка (рис. II.4), то согласно «правилу левой руки» на каждый электронный луч действует электромагнитная сила F, направленная вдоль радиуса горловины. Цилиндр сведения снабжен магнитным экраном, препятствующим проникновению силовых линий одного магнита в область, занимаемую другим магнитом. Поэтому взаимное влияние полей исключается, и отклонения электронных лучей становятся независимы друг от друга.

Величина электромагнитной силы, воздействующей на электронный луч, зависит от магнитной индукции в зазоре между полюсными наконечниками и тока луча. Следовательно, на электронный луч действует сила, определяемая положением магнита статического сведения, величинами тока в кадровых и строчных катушках динамического сведения (вопрос II.6) и током луча. При вращении цилиндриков магнитов статического сведения вокруг их осей величина и полярность поля в магнитопроводе и соответственно в воздушном зазоре полюсных наконечников, в котором находится луч, изменяются, и луч сдвигается в этом зазоре радиально, перемещаясь по экрану кинескопа. Направление перемещения лучей на экране стрелками указано на рис. II. 4. Сигнал «Сетчатое поле» при воспроизведении его на экране цветного телевизора при полном сведении трех лучей кинескопа образует белые вертикальные и горизонтальные прямые линии.

Следует отметить, что корректирующие элементы сведения позволяют довольно широко смещать любое монохроматическое изображение. Поэтому, если для регулировки статического сведения используется испытательное изображение сетчатого поля, расстояние между линиями которого меньше, чем величина смещения при коррекции, то одно из монохроматических изображений может сместиться так, что совместятся их соседние линии. Возникает кажущееся сведение, которое нельзя выявить по испытательному изображению сетчатого поля, так как линии сетки в этом случае кажутся белыми. Чтобы убедиться, что статическое сведение выполнено правильно, следует использовать сюжетные изображения, на которых это нарушение становится очевидным без изменения размера или сдвига изображения.

Для более точной регулировки статического сведения используются испытательные изображения точечного поля и крестовидной фигуры (формируемое изображение состоит из одной центральной вертикальной и одной центральной горизонтальной белых линий на черном фоне). При использовании таблицы УЭИТ (вопрос II. 7) статическое сведение проверяется по пересечению горизонтальных и вертикальных линий (кресту) в центре таблицы. Пользуясь таблицей 0249, регулировку статического сведения выполняют наблюдая за точкой и концентрическими окружностями в центре экрана.

Перед выполнением регулировки статического сведения необходимо прогреть телевизор не менее 10 минут. Затем на него подается соответствующий испытательный сигнал от генератора или же приемник переключается на канал, в котором передается испытательная таблица. Следует учитывать, что при увеличении яркости изображения толщина электронных лучей может увеличиваться настолько, что место их пересечения на теневой маске будет перекрывать несколько ее отверстий. Поэтому для получения достаточно точного статического сведения необходимо установить яркость и контрастность изображения на экране телевизора таким образом, чтобы линии испытательного изображения выделялись на черном фоне и были наиболее тонкими.

При неточной настройке гетеродина телевизионного приемника высокочастотные составляющие сигнала сетчатого поля могут быть ослаблены

и тогда вертикальные линии этого поля станут менее заметны, чем горизонтальные.

Статическое сведение регулируется как минимум дважды: предварительно до регулировки чистоты цвета и окончательно после получения необходимой чистоты цвета. Регулировка разделяется на два этапа: статическое сведение красного и зеленого изображений (статическое сведение желтого изображения) и статическое сведение желтого и синего изображений (статическое сведение белого изображения). Для лучшего наблюдения центральной части экрана при регулировке сведения пользуются зеркалом.

Статическое сведение желтого изображения выполняют при выключенном синем прожекторе. Если при наблюдении центральной зоны экрана средние вертикальные и горизонтальные линии обоих изображений не совпадают, то следует произвести регулировку статического сведения на первом этапе в следующей последовательности. Например, если достигнуто совмещение в центре только вертикальных линий (цв. рис. II. 5, а), то поворотом магнита статического сведения зеленого луча добиваются примерно одинакового рассовмещения горизонтальных и вертикальных красных и зеленых линий (рис. II. 5, б). После этого с помощью магнита статического сведения красного луча добиваются совмещения их в центре (рис. II. 5, в).

На втором этапе включают синий прожектор и выполняют статическое сведение белого изображения. В случае рассовмещения желтого и синего изображений (рис. II. 5, г) регулировка выполняется следующим образом: с помощью магнита статического сведения синего луча добиваются совмещения горизонтальных линий (рис. II. 5, д), а затем, вращая магнит бокового смещения синего луча (рис. III. 43), добиваются совмещения вертикальных линий (рис. II. 5, е).

II.6. Что такое динамическое сведение лучей?

Совмещение трех монохроматических растров в центре экрана выполняется при регулировке статического сведения (вопрос II. 5), а для совмещения их на всей поверхности экрана необходимо выполнить регулировку динамического сведения. Задачу сведения лучей при их отклонении в процессе развертки выполняют электромагниты системы динамического сведения (рис. II. 4). Кадровые и строчные катушки этих электромагнитов питаются импульсами токов, вырабатываемых блоком динамического сведения, поэтому они так же, как и отклоняющая система, воздействуют на электронные лучи.

Возникает вопрос: какой же формы ток должен протекать по катушкам динамического сведения, чтобы устранить расслоение электронных лучей? Для ответа необходимо установить, как расслаиваются лучи при отклонении их только по вертикальной и только по горизонтальной прямым линиям, проходящим через центр экрана. Обращаясь к цв. рис. II.6, на котором показан характер расслоения линий, видно, что по мере продвижения сведенных в центре лучей к краям экрана они все больше и больше расходятся.

Для устранения расслоения лучей при их развертке отклоняющей системой (ОС) между электронными пушками и центром отклонения лучей необходимо создать дополнительные электромагнитные силы. Система динамического сведения лучей так же, как и система статического сведения, перемещает каждый из трех лучей в радиальном направлении по отношению к оси кинескопа. Точки искривленных вертикальной и горизонтальной зеленых линий должны смещаться вправо и вниз (цв. рис. II. 7), точки синих линий — вверх и точки красных линий — влево и вниз.

В отличие от статических постоянных магнитов, поля которых действуют на лучи одинаково, в какой бы точке экрана последние не находились, система динамического сведения должна усиливать свое воздействие на лучи по мере их удаления от центра к краям экрана. Одним словом, система динамического сведения должна создавать магнитное поле, изменяющее свою величину при движении лучей вдоль строки со строчной частотой, а при движении их по вертикали — с частотой полей. В этом случае в начале и в конце строки (или кадра) на электронные лучи должны действовать максимальные силы, а в середине строки или кадра — минимальные (точнее, почти равные нулю).

Отклоняющее поле для динамического сведения формируется токами параболической формы строчной и кадровой частот, протекающими через строчные и кадровые катушки динамического сведения, намотанные на П-образный магнитопровод регулятора сведения (рис. II. 4). На каждом магнитопроводе размещаются по две пары катушек: с большим числом витков (кадровые катушки) — для импульсов тока с частотой полей; с меньшим числом витков (строчные катушки) — для импульсов тока с частотой строк. Схемы, формирующие эти импульсы (схемы динамического сведения), смонтированы на специальной плате (цв. рис. II, 15, II. 16), доступ к которой разрешается только специалисту для регулировки им сведения лучей.

В том, что токи коррекции должны иметь параболическую форму, легко убедиться, наблюдая за искажениями формы монохроматических растров, обусловленными несоответствием кривизны экрана кинескопа и сферы, на которой обеспечивается сведение. На рис. II. 8 показано, что на зеленом и красном полях вытянут один из верхних углов, а на синем — опущены нижние углы (искажения увеличены).

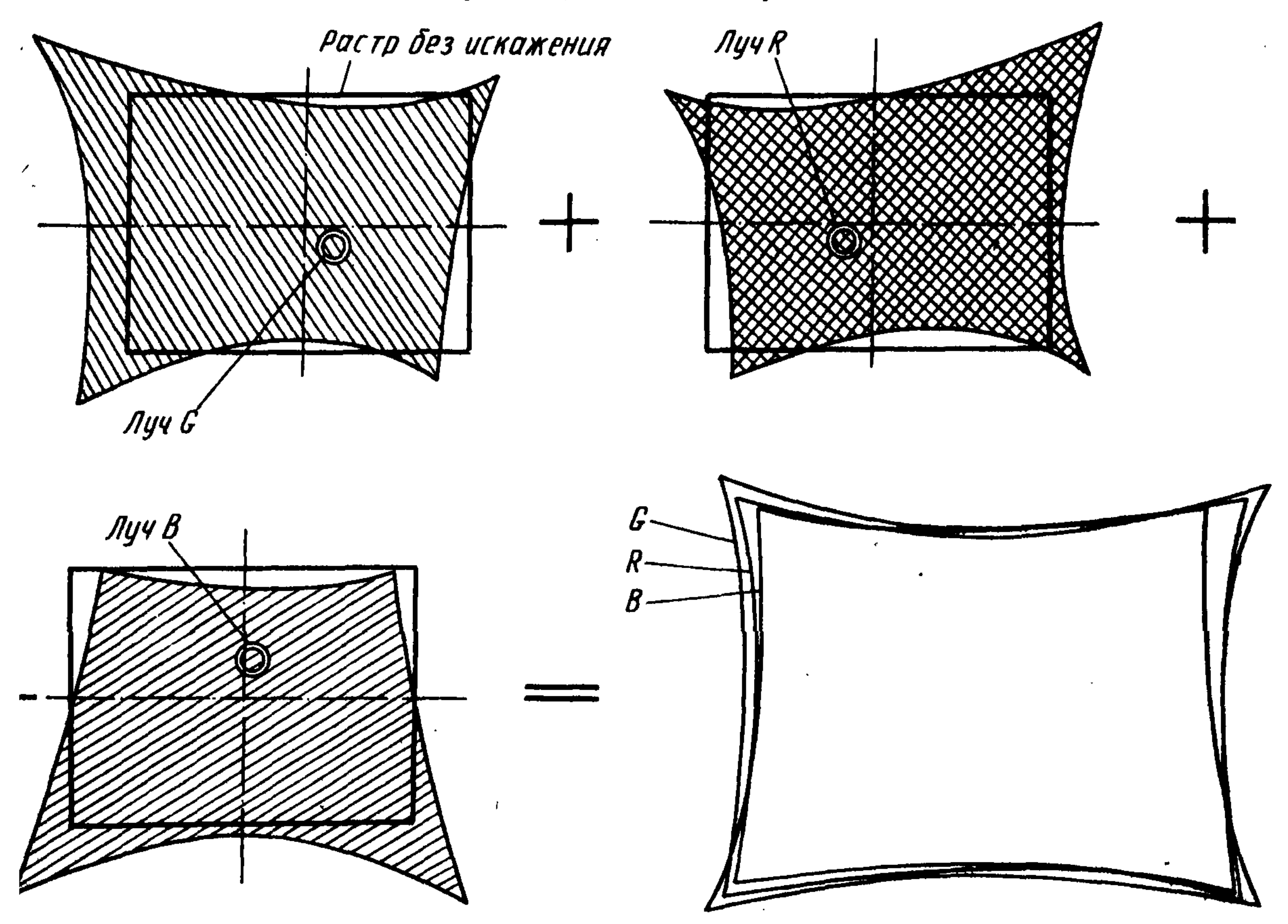


Рис. II. 8. Искажения формы зеленого, красного и синего растров из-за несоответствия кривизны экрана кинескопа и сферы, на которой обеспечивается сведение

Требуемый параболический ток формируется с помощью цепочек LCR в плате сведения из напряжений, снимаемых с выходных обмоток строчного и кадрового трансформаторов. Кроме того, парабола должна быть несимметричной и ее вершина может быть смещена. Как показано на рис. II. 9, это может быть достигнуто наложением на симметричную параболу пилообразного тока развертки.

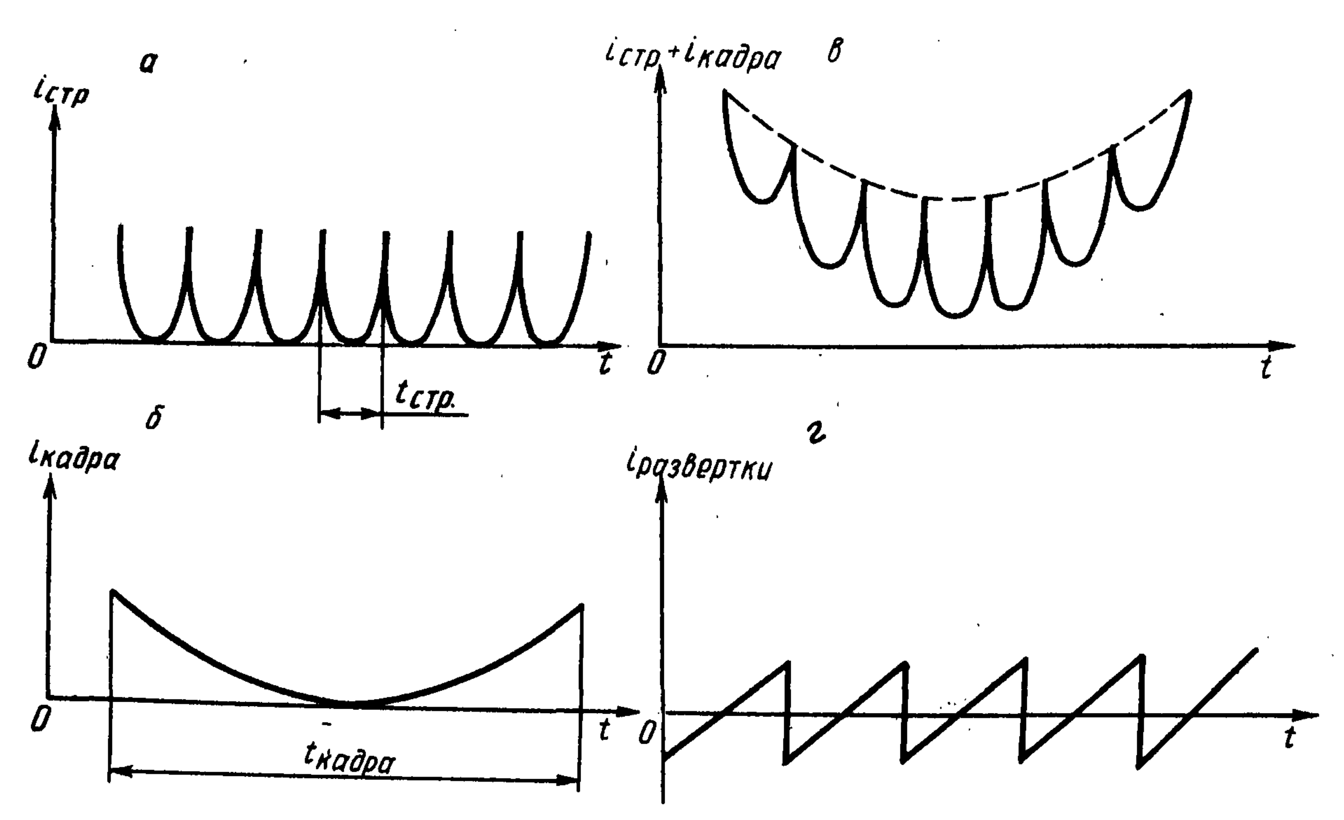


Рис. II. 9. Форма корректирующих токов динамического сведения лучей:
а — симметричный параболический ток строчной частоты; *б* — симметричный параболический ток кадровой частоты; *в* — несимметричный параболический ток со смещенной вершиной; *г* — пилообразный ток развертки

Током параболической формы строчной частоты корректируется положение горизонтальных линий в средней горизонтальной зоне растра, а также вертикальных линий в областях средней горизонтальной зоны справа и слева от центра на расстоянии приблизительно 15 см. Током параболической формы кадровой частоты корректируется положение вертикальных линий в средней вертикальной зоне, а также горизонтальных линий в верхнем и нижнем участках экрана в области средней вертикальной зоны. Динамическое сведение не влияет на изображение в углах экрана, поэтому необходимое совмещение монохроматических растров в этой зоне достигается правильным расчетом и распределением обмоток строчных и кадровых отклоняющих катушек.

Статически сведенный, но динамически разведенный растр (изображение сигнала «Сетчатое поле») показан на цв. рис. II. 10. Принцип устранения расслоения лучей поясняет рис. II. 11, на котором показано расположение пушек синего и красного лучей, прямой S_1S_2, проходящей через центр отклонения ОС, и маски. Из рисунка видно, что отклоняемые ОС на угол 40° синий $P_1O_1C_4$ и красный $P_2O_2C_2$ лучи пересекаются в точке C_1, не лежащей на поверхности маски. Поэтому сведенные в центре лучи P_1C и P_2C расслаиваются. Если в соответствии с углом отклонения лучи P_1O_1 и P_2O_2 отклоняющей системой повернуть на некоторый угол, то есть направить электроны по

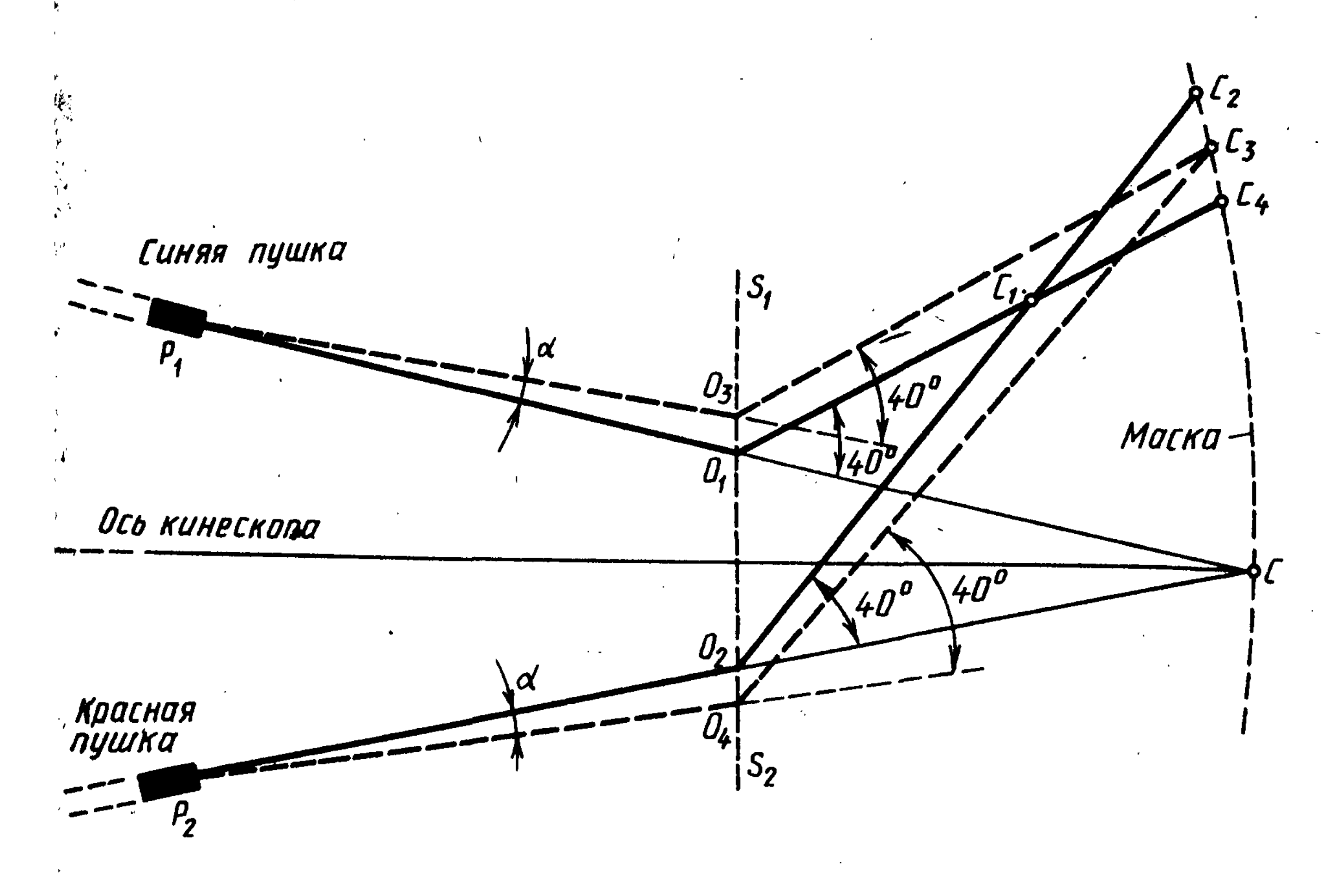


Рис. II. 11. Принцип устранения расслоения лучей

прямым P_1O_3 и P_2O_4, то при том же угле отклонения лучей отклоняющей системой электроны, выбрасываемые синей и красной пушками, сойдутся уже не в точке C_1, а на поверхности маски в точке C_3.

Дополнительный поворот электронных лучей на угол и осуществляется катушками системы динамического сведения. Так как отклоняемые ОС лучи пересекаются в точках, расположенных перед маской, то катушки сведения корректируют ход лучей, то есть качают последние в направлении от оси кинескопа к краям экрана.

Следует иметь в виду, что система динамического сведения устраняет не любое расслоение лучей на экране. Если для отклонения лучей применяется неправильно сконструированная отклоняющая система или хотя бы одна из электронных пушек и одна из пар внутренних полюсных наконечников смещена влево или вправо, то свести три луча в одну точку не удается. Особенно трудно сведение лучей в углах экрана. Не будет преувеличением сказать, что небольшое нарушение сведения лучей здесь имеется всегда, даже при полном устранении их расслоения вдоль вертикальной и горизонтальной прямых, проходящих через центр экрана.

Технические возможности кинескопов с диагональю экрана, например 59 см, позволяют получить точность сведения отклоняющих систем и систем сведения: в центре экрана 0,1 мм; в зоне — *1*, ограниченной кругом диаметром 0,75 высоты экрана — 1,2 мм; в зоне области — *2*, ограниченной внешним кругом диаметром 1,1 высоты экрана и внутренним диаметром 0,75 высоты экрана — 2 мм, в остальной части экрана — 3,5 мм для всех трех лучей (рис. II, 12).

Полный процесс регулировки динамического сведения сравнительно сложен (вопрос II. 8, п. 9) и зависит от конструкции телевизионного приемника. Регуляторы динамического сведения располагаются на плате сведения и обычно над ними проведены обозначения и с помощью цифр и стрелок

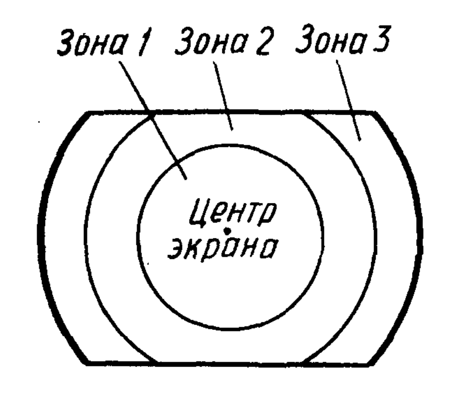


Рис. II. 12. К определению неточности сведения по полю экрана

указана последовательность регулировки, что позволяет опытному специалисту проводить регулировку без специальной инструкции.

В домашних условиях полный цикл регулировки динамического сведения приходится выполнять при первоначальной установке цветного телевизора или после замены кинескопа. В обычном же случае необходимы только очень небольшая подстройка того или иного регулятора и его немедленное возвращение в исходное положение, если подстройка не дает эффекта.

Регулировка сведения может несколько нарушить однородность цвета свечения экрана, особенно если ее производить для коррекции значительных нарушений сведения (например, превышающих 8 мм по краям экрана). Поэтому после выполнения динамического сведения следует еще раз проверить и в случае необходимости отрегулировать однородность цвета свечения экрана, используя, например, изображение серого поля, получаемое при совмещении трех лучей.

Регулировки как статического, так и динамического сведения лучей взаимосвязаны. Кроме этого, регулировки сведения красного и зеленого лучей в небольшой степени влияют на геометрию изображения синего цвета и наоборот.

II. 7. Что представляет собой универсальная электрическая испытательная таблица (УЭИТ)?

Необходимость использования испытательных таблиц типа УЭИТ вызвана тем, что применяемая для черно-белого телевидения тест-таблица 0249 (в книге она не приведена) имеет очень ограниченное применение в цветном телевидении. В первую очередь это связано с тем, что таблица 0249 не содержит информации, необходимой для контроля каналов цветности. Кроме того, при использовании общеупотребительных диапозитивных испытательных таблиц возникают затруднения, связанные с искажениями при преобразовании оптического изображения в электрический сигнал (ошибки в преобразовании цвета, сведении лучей, нелинейности передающих трубок и др.).

Сигналы УЭИТ формируются на телевизионном центре чисто электрическим способом и свободны от ошибок приборов, преобразующих «свет — сигнал». Параметры сигналов, входящих в состав таблицы, строго регламентированы и легко контролируются. Важным также является экономическое преимущество, получаемое из-за того, что при передаче УЭИТ не используется камерный канал и соответствующая аппаратура телецентра.

Применение УЭИТ при обмене программами между телецентрами позволяет однозначно оценивать качество линий дальней связи, отдельных параметров передающей и приемной аппаратур. При этом предполагается употребить специальную измерительную аппаратуру. Использование УЭИТ также позволяет облегчить работу специалистов, занимающихся ремонтом, эксплуатацией и реализацией приемников цветного телевидения.

Изображение новой УЭИТ воспроизводится на экране телевизора в виде прямоугольника с соотношением сторон 13 : 10, вся площадь которого разделена 25 вертикальными и 19 горизонтальными линиями на 520 квадратов. Схематическое изображение УЭИТ приведено на рис. II. 13. Для описания УЭИТ введены обозначения: по горизонтали каждый квадрат обозначается буквами от А до Э, а по вертикали — цифрами от 1 до 20. В телевизоре,

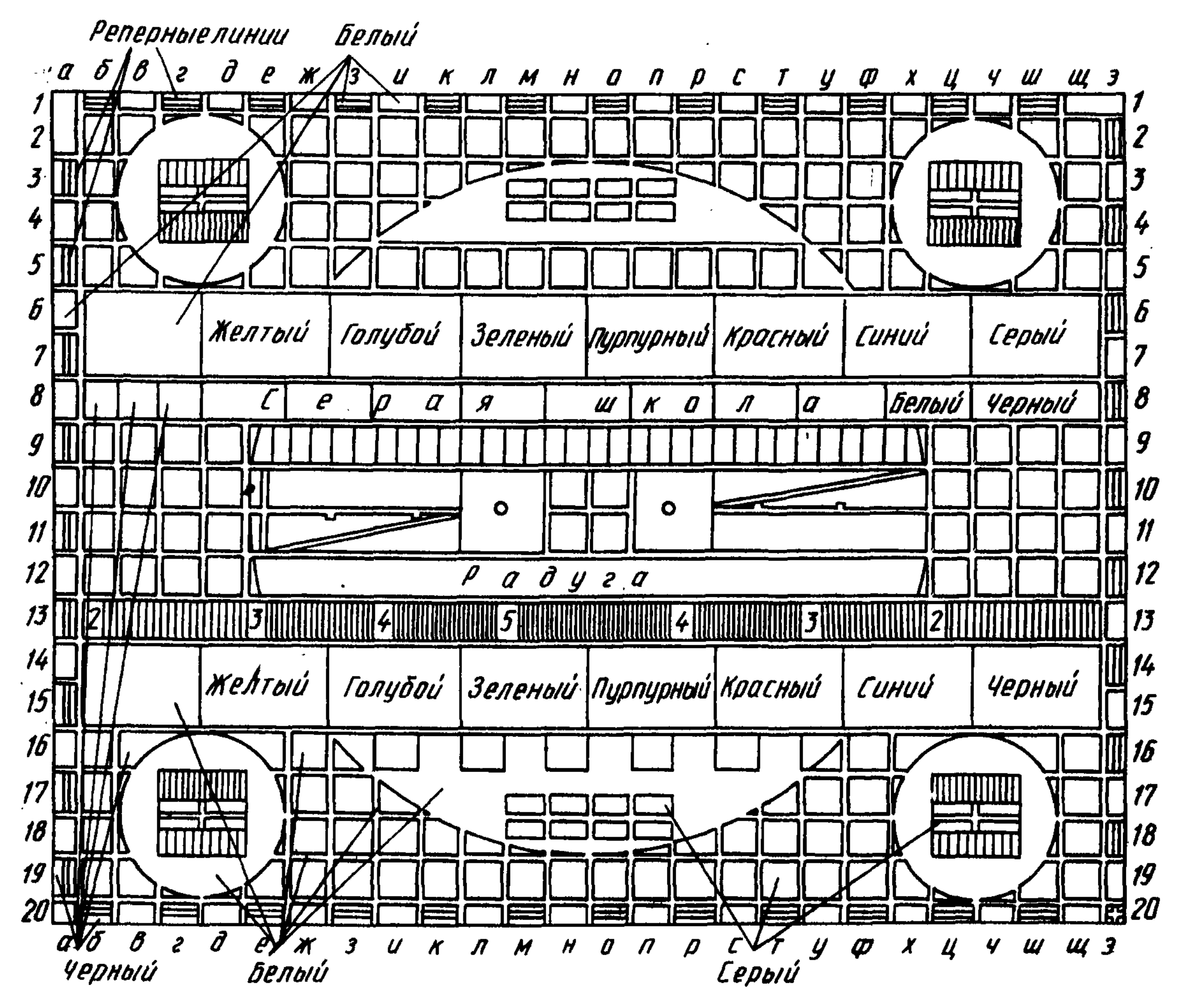


Рис. II. 13. Схематическое изображение универсальной электрической испытательной таблицы (УЭИТ)

в котором формат изображения соответствует соотношению сторон 4 : 3, УЭИТ воспроизводится в соответствии с цв. рис. II. 14, а в телевизорах, у которых формат изображения соответствует соотношению сторон 5 : 4, она воспроизводится без двух крайних вертикальных рядов (А и Э).

Яркость элементов таблицы измеряется от минимальной, соответствующей черному изображению, до максимальной, соответствующей белому изображению. Обрамление таблицы образуется из квадратов с чередующейся яркостью: черный — белый (ряды 1—20 по горизонтали и А — Э — по вертикали). Они создаются сигналом частотой 250 кГц и служат для контроля переходных характеристик и тянущихся продолжений. Черные квадраты обрамления прорезаны белыми (реперными) линиями. Большая часть поля таблицы занята полными и неполными квадратами, имеющими среднюю яркость свечения, соответствующую уровню серого. Внутри таблицы располагается сетчатое поле, образованное горизонтальными и вертикальными линиями. По этому полю осуществляется контроль динамического сведения лучей.

В средней части таблицы воспроизводится контур большой окружности диаметром 480 строк, а по углам — контуры малых окружностей (на 2—5-й и 16—19-й горизонталях в пределах В — Е и Х — Ш) диаметром 120 строк каждая. Эти окружности (как и таблицы 0249) служат для визуальной оценки растровых искажений. Внутри кругов расположено перекрестие, предназначенное для определения качества динамического сведения

в углах экрана. Для определения четкости на краях экрана внутри кругов расположены штрихи. Одна группа штрихов создается частотой 3 МГц (330 линий), другая — 4 МГц (440 линий).

На 3—4-й и 17—18-й горизонталях в пределах М — П располагаются «окна», также необходимые для сведения лучей.

Пятая горизонталь в пределах И — Т содержит прямоугольники, служащие, как и остальные прямоугольники сетчатого поля, для контроля линейности и сведения лучей.

На горизонталях 6 и 7 в пределах Б — Щ расположены цветные прямоугольники с последовательностью цветов (слева направо): белый, желтый, голубой, зеленый, пурпурный, красный, синий, черный. Амплитуда цветоразностных сигналов, соответствующих данным участкам, равна 0,5 полного размаха видеосигнала. Их цвета имеют неполную насыщенность (не более 30 %). По этим цветным прямоугольникам можно оценить четкость цветовых переходов, которая зависит от правильности коррекции предыскажений в телевизоре (вопрос VII. 11). Такая оценка возможна потому, что цветоразностные сигналы, соответствующие этим цветным прямоугольникам, не доходят до уровня ограничения в кодирующем устройстве на телецентре (вопрос VII. 21).

Восьмая горизонталь на участке от Б до Щ образована сигналами, которые воспроизводятся в виде серой шкалы из десяти ступенек градаций яркости от уровня черного (8Б-Д) до уровня белого (8Х-Ч). Серая шкала служит для определения контраста и проверки баланса белого.

Девятый горизонтальный ряд от Е до Х образован сигналами вертикальных штрихов. На экранах телевизоров цветного изображения участок 9Е — К этого ряда таблицы воспроизводится в виде чередующихся зелено-пурпурных штрихов, участок 9Л — Р — в виде чередующихся сине-желтых штрихов, а участок 9С — Х — в виде красно-голубых вертикальных штрихов. Частота сигнала, образующего эти три блока цветных штрихов, равна 0,5 МГц. Все три группы штрихов служат для определения цветовой четкости, проверки и настройки контура коррекции высокочастотных предыскажеиий сигналов цветности (вопрос VII. 11).

10 и 11-я горизонтали в пределах Е — К и С — Х содержат двухградационный вертикальный клин (черные и белые прямоугольники), которые служат для оценки искажений изображений типа «тянучка» и «пластика» в местах перехода с белого на черный и с черного на белый участки. На черных участках вертикального клина располагаются диагонали (белые наклонные линии на участках 11Е — К и 10С — Х), которые позволяют оценить качество черезстрочного разложения растра. На 10-й диагонали располагаются также две точки, определяющие качество фокусировки в центре.

Горизонтальный ряд 12 от Е до Х образован сигналом радуги. На экране телевизора цветного изображения 12-й ряд воспроизводится в виде плавного изменения цвета от зеленого на участке 12Е — Н до пурпурного на участке 12Х — О. Причем насыщенность цветов с краев радужной полосы (квадраты 12Е и 12Х) к ее середине убывает, образуя на участке 12Н — О область серого. Это изменение цвета от насыщенного зеленого к насыщенному пурпурному через серое создается цветоразностными сигналами красного $D'_R = -1{,}9(E'_R - E'_Y)$ и синего $D'_B = +1{,}5(E'_B - E'_Y)$, изменяющимися линейно от $-1{,}0$ до $+1{,}0$ (вопрос VII. 6). Сигнал радуги предназначен для контроля линейности амплитудно-частотных характеристик детекторов с помощью осциллографа.

На горизонтальной полосе 13 (Б — Щ) помещены вертикальные черно-белые штрихи шкалы групповой четкости, предназначенные для оценки разрешающей способности тракта сигнала яркости. В этой полосе имеется

семь групп штрихов, создаваемых пакетами синусоидальных колебаний с частотами 2,8; 3,8; 4,8 и 5,5 МГц, что примерно соответствует 200 линиям (участок 13Б — Д и 13Ц — Щ), 300 линиям (на участках 13Е — 3, 13У — Х, а также на участках 3Г — Д, 3Ц — Ч, 17Г — Д, 17Ц — Ч в малых окружностях, расположенных по углам таблицы), 400 линиям (на участках 13И — Л, 13Р — Т, а также 4Г — Д, 4Ц — Ч, 18Г — Д и 18Ц — Ч), 500 линиям (на участке 13М — П) испытательной таблицы 0249.

На горизонталях 14 и 15 (на участках Б — Щ) расположены такие же цветные полосы, как и на горизонталях 6 и 7 в этих же участках. Отличие такого сигнала состоит в том, что цветные полосы упомянутых рядов имеют 75 %-ную яркость (электрический сигнал, соответствующий горизонталям, равен 0,75 полного размаха видеосигнала) и максимальную (100 %-ную) насыщенность.

На горизонтали 16 внутри большого круга (участок от 3 до Ф) находятся чередующиеся „черные и белые квадраты. Уровень яркостного сигнала квадратов также равен 0,75 размаха видеосигналов. Поэтому по горизонтали 14—16 можно проверить соответствие уровней яркостного и цветоразностных сигналов на электродах кинескопа. По черно-белым квадратам 16-го ряда можно осуществить контроль яркости и тянущихся продолжений («тянучек»).

Контрольная информация, содержащаяся на 17—20-й горизонталях, описана выше.

II. 8. Как по таблице УЭИТ проверить и настроить цветной телевизор?

Новая таблица УЭИТ (вопрос II. 7.) позволяет контролировать параметры черно-белого и цветного изображений, а также параметры общие для черно-белого и цветного изображений. Если после включения приемника качество черно-белого и цветного изображений неудовлетворительно, можно попытаться улучшить его, проделав в рассматриваемой последовательности описанные ниже проверки и регулировки. Если же необходима лишь подрегулировка приемника (то есть имеются отдельные неточности в геометрии изображения, цветовые загрязнения и т. п.), то не обязательно выполнять весь процесс установочных операций, а достаточно выполнить лишь соответствующую его часть. Вначале рассмотрим параметры, общие для черно-белого и цветного изображений, а затем — только цветного. Параметры черно-белого изображения на цветном телевизоре определяются при выключенном блоке цветности.

1. Линейность изображения и геометрические искажения определяются и рассчитываются по окружностям и квадратам таблицы. Оценивать линейность разверток по окружностям намного легче, чем по квадратам, так как нарушения формы круга более заметны по его яйцевидной форме или форме эллипса. Если с правой или левой стороны круга произошло сжатие или растяжение, необходимо произвести соответствующую коррекцию линейности по горизонтали. Если сжатие или растяжение заметны в верхней или нижней части круга, необходимо произвести соответствующую коррекцию линейности по вертикали и горизонтали подобно тому, как это делается в черно-белом приемнике. Однако при этом следует учитывать, что изменение линейности по горизонтали в некоторых случаях потребует подрегулировки высокого напряжения.

2. Центровка и размер изображения устанавливаются по изображению таблицы в соответствии с форматом кадра телевизора (формат таблицы УЭИТ равен 4 : 3). Обрамление таблицы в виде чередующихся (пересеченных) и белых прямоугольников позволяет легко провести центровку и установить необходимые размеры изображения.

Размер изображения по вертикали считается нормальным, если верхние

и нижние края экрана несколько перекроют реперные линии (рис. II. 13) таблицы УЭИТ, затем устанавливается размер изображения по горизонтали. Стандартный формат передаваемого изображения соответствует соотношению сторон 4 : 3, и это соотношение получается автоматически, если размер изображения по горизонтали устанавливается по точной форме центрального белого круга. При этом центр таблицы необходимо располагать в середине площади экрана кинескопа. Так как современные телевизоры имеют формат экрана 5 : 4, то при установке размеров невозможно будет получить полное изображение таблицы УЭИТ по горизонтали.

Смещение изображения на экране может производиться подстройкой регуляторов центровки изображения по вертикали и горизонтали (рис. III. 4). Центровка изображения осуществляется изменением величины постоянного тока, протекающего через строчные и кадровые катушки. Не следует забывать, что центровка оказывает влияние на статическое сведение лучей (вопрос II. 5).

3. Контрастность и яркость изображения устанавливаются по градационной полосе 8-го ряда УЭИТ от Б до Щ и являются одними из основных характеристик изображения как черно-белого, так и цветного. Правильность установки яркости и контрастности можно определить только при условии, что чистота цвета, сведение лучей кинескопа и баланс белого (вопросы II. 3 — II. 6) по меньшей мере удовлетворительны. Для облегчения этого процесса уровень сигнала, соответствующего участку 8В, на 3 % больше уровня черного. Регулируя яркость изображения, сначала добиваются различия в интенсивности свечения участков 8Б и 8В. Затем яркость изображения уменьшают только до того момента, когда интенсивности свечения участков перестанут отличаться. Контрастность устанавливают такой, чтобы как можно большее число прямоугольников было различимо, например, все десять градационных ступеней сигнала.

4. Фокусировка изображения оценивается по различимости строк изображения на экране кинескопа и вертикальных штрихов 13-го ряда от Б до Э, а также штрихов, помещенных в малых окружностях, с центрами 3Г, 3Ч, 17Г и 17Ч (фокусировка в центре экрана и по краям), а также белым точкам на черных квадратах 10—11, Л — М и 10—11, П — Р. Для правильной фокусировки предварительно необходимо добиться наилучшей четкости черно-белого изображения точной настройкой гетеродина. Кроме этого, яркость светлых участков изображения следует сделать достаточно высокой, так как, если проводить фокусировку при небольшом токе лучей, светлые участки изображения будут окрашенными. Фокусировка считается удовлетворительной, если строки растра отчетливо различимы с небольшого расстояния. При этом, как правило, при хорошей фокусировке в центре экрана неизбежна некоторая расфокусировка изображения по краям растра.

5. Четкость изображения по горизонтали определяется по воспроизведению вертикальных штрихов 13-го ряда от Б до Э (частоты от 2,0 до 5,0 МГц), а на краях изображения — по воспроизведению вертикальных штрихов в окружностях по углам экрана (частота 3,0 МГц, квадраты 3Г — Д, 3Ц — Ч. 18Г — Д, 18Ц — Ч; частота 4,0 МГц, квадраты 13И — Л, 13Р — Т, 4Г — Д, 4Ц — Ч, 17Г — Д, 17Ц — Ч). Передача сигналов с частотой от 0,5 МГц оценивается по воспроизведению изображения вертикальных полос 9-го ряда от Е до Х.

Однако следует учесть, что по таблице УЭИТ контроль групповой четкости затруднен. Это объясняется следующим. Полный сигнал цветного телевидения системы СЕКАМ содержит поднесущие, модулируемые цветоразностными сигналами (вопросы VI. 9; VII. 19). Следовательно, на пакеты синусоидальных колебаний, служащих для оценки групповой четкости,

наложены немодулированные цветовые поднесущие частотой 4,406 в одной строке и 4,25 МГц в другой. Они-то и затрудняют оценку групповой четкости изображения, не позволяют достаточно легко различить телевизоры разных классов по четкости изображения. Для этой цели лучше пользоваться тест-таблицей 0249.

Оценка частотной характеристики канала изображения в области низких частот производится по изображению, заключенному в 10-м ряду от С до Х, в 11-м ряду от Е до Л, а также черным и белым прямоугольниками участков горизонтального 16-го ряда. Наличие «тянучек» характеризует искажения сигналов изображения в области низких частот.

Фазовые искажения в области высоких частот, которые проявляются в виде белой окантовки (пластики), хорошо заметны на изображении сигнала белого в 10-м ряду от Е до Л, в 11-м ряду от С до Ц, на изображении сигнала белого 16-го ряда и на белых вертикальных линиях, которые делят таблицу на квадраты.

6. Черезстрочность развертки оценивается по белым наклонным линиям на участках 11Е — К и 10С — Х. Ухудшение черезстрочной развертки (наложение соседних строк одна на другую) сопровождается изломом или появлением двух дорожек наклонных линий. В этом случае необходимо подстроить частоту кадровой развертки или подобрать элементы цепи формирования кадрового синхроимпульса.

Получив удовлетворительное черно-белое изображение, включают канал цветности и гетеродин настраивают на наилучшее цветное изображение. Оно должно быть чистым и без шумов, которые проявляются в виде перемежающихся, непрерывно роящихся черных или белых точек (имеют вид «снега»). Насыщенность делают чуть меньше ее максимального значения. Регуляторы цветового тона устанавливают в положение, обеспечивающее наилучшее цветовоспроизведение. Это можно сделать, выключив цветность и переместив регуляторы до получения неокрашенного черно-белого изображения. У исправного, правильно отрегулированного телевизора изображение получается неокрашенным примерно при среднем положении этих регуляторов.

7. Проверка и регулировка статического сведения лучей кинескопа производится при выключенном тумблером 2В3 (телевизор УЛПЦТ-61/59-II) синем луче кинескопа по методике, изложенной в ответе на вопрос II. 5, до получения желтых линий перекрестия в центре таблицы УЭИТ. Затем включают синий луч, магнитом сведения синего и регулятором магнита бокового смещения синего (вопрос III. 43) добиваются одноцветности белых линий перекрестия в центре таблицы УЭИТ.

8. Проверка и регулировка чистоты цвета (вопрос II. 3) производится на засинхронизированном растре. Кроме сигнала УЭИТ для этой цели используют сигнал белого поля, а при его отсутствии — испытательную таблицу 0249. Порядок регулировки следующий:

а) выключить зеленую и синюю пушки. Ослабить барашки, крепящие отклоняющие катушки в кожухе ОС, и до предела сдвинуть их назад (на себя);

б) расположить указатель полюсов одного кольца магнита чистоты цвета с противоположной стороны по отношению к указателю полюсов второго кольца магнита чистоты цвета так, чтобы получить минимальную напряженность магнитного поля (в МС-38 это соответствует совмещению указательного выступа на одном из колец с выемкой на другом, рис. III. 44). При правильной установке указателей разноименных полюсов одновременное вращение обоих колец не будет влиять на чистоту поля;

в) проверить чистоту цвета на красном растре, предварительно уменьшив его яркость до 10—15 % нормальной (при помощи ручки регулировки

яркости). Однородность красного цвета указывает на правильность расположения колец магнита. В случае неоднородности цвета необходимо слегка раздвинуть кольца магнита чистоты цвета для получения слабого магнитного поля. Затем, изменяя направление магнитного поля поворотом обоих колец, добиться наилучшей однородности красного цвета в центре экрана;

г) отрегулировать напряженность магнитного поля (раздвиганием выступа и выемки колец) и его направление (одновременным поворотом обоих колец) до получения однородного красного цвета в центре экрана;

д) перемещая ОС вдоль горловины кинескопа, получить наилучшую чистоту красного цвета по всему растру;

е) отрегулировать вновь чистоту цвета кольцами магнита чистоты цвета до получения максимально однородного цвета по всему экрану;

и) выключить красную и включить зеленую пушку. На экране должно быть равномерное зеленое поле;

ж) выключить зеленую и включить синюю пушку. На экране должно быть равномерное синее поле. Если при проверке чистоты зеленого или синего поля обнаружится неоднородность окраски какого-либо из них, необходимо произвести дополнительную регулировку при помощи магнитов чистоты цвета. После этого дополнительно проверить чистоту красного поля, дабы она не ухудшилась;

з) закрепить отклоняющие катушки, завернув барашки, фиксирующие их положение в корпусе ОС.

В тех случаях, когда регулировка чистоты цвета не дает требуемых результатов при помощи внешней катушки, необходимо произвести дополнительное размагничивание кинескопа. Некоторое ухудшение чистоты цвета по краям экрана считается допустимым.

9. Проверка и регулировка динамического сведения лучей кинескопа (вопрос II. 6) производится по изображению сетчатого поля таблицы УЭИТ при выключенных каналах цветности и пониженной яркости. На цв. рис. II. 15 показано расположение органов регулировки на блоке сведения и их влияние на совмещение линий сетчатого поля в телевизоре УЛПЦТ-59-61/II. Рекомендуется следующий порядок регулировки:

а) тумблером 2В3 выключить синий луч кинескопа;

б) совместить красную и зеленую вертикальные линии в одноцветную желтую линию по всей ее длине с помощью потенциометров R3 и R16 платы сведения (блок № 8);

в) в случае невозможности полного сведения этих линий необходимо добиться их параллельности, после чего при помощи магнитов статического сведения совместить зеленый и красный лучи;

г) путем последовательного приближения с помощью потенциометров R2 и R1 совместить красные и зеленые горизонтальные линии (вблизи вертикальной оси) в нижней и верхней частях экрана до получения линий желтого цвета;

д) если при этом нарушится статическое сведение в центре, то его следует восстановить с помощью магнитов статического сведения красного и зеленого;

е) отключить плату сведения от блока разверток, вынув разъем Ш11а (рис. III. 2, а);

ж) вращением сердечника симметрирующей катушки 3L3 (на плате блока разверток, рис. III. 34) добиться минимального перекоса красных и зеленых линий вдоль горизонтальной оси экрана кинескопа;

з) вставив разъем Ш11а, подсоединить блок сведения;

и) вращением сердечника катушки L3 совместить красные и зеленые

вертикальные лини до получения линий желтого цвета в правой части растра;

к) при помощи потенциометра R12 произвести аналогичное сведение вертикальных красных и зеленых линий в левой части растра;

л) при необходимости подрегулировать статическое сведение, после чего операции «и» и «к» повторить, добиваясь наименьшего разведения красных и зеленых вертикальных линий с правой и левой сторон растра;

м) вращением сердечника катушки L4 совместить красные и зеленые горизонтальные линии до получения линии желтого цвета в правой части растра;

н) при помощи потенциометра R11 свести аналогично красные и зеленые горизонтальные линии в левой части растра;

о) произвести дополнительную подрегулировку статического сведения, после чего операции «м» и «н» повторить. Если окажется, что красные и зеленые горизонтальные линии сводятся плохо, то штырь разъемного контактного соединения Ш13б платы сведения необходимо вынуть из гнезда, повернуть на 180°, вновь вставить в гнездо контактного разъема и повторить операции «м» и «н»;

п) включить синий луч кинескопа и произвести подрегулировку статического сведения желтых и синих линий в центре экрана магнитом статического сведения синего и магнитом бокового смещения синего;

р) вращением сердечника катушки L2 спрямить в правой части экрана синие линии по центральной горизонтали;

с) при помощи потенциометра R8 добиться совмещения синих линий с желтыми в левой части растра по центральной горизонтали;

т) поочередным повторением операций «р» и «с» найти наиболее оптимальное положение сердечника катушки индуктивности L2 и потенциометра R8, при котором достигается совмещение желтых и синих горизонтальных линий на краях растра;

у) при помощи потенциометров R4 и R17 обеспечить, чтобы синие горизонтальные линии сверху и снизу растра совпадали с соответствующими желтыми линиями сетчатого поля или располагались идентично и на одном расстоянии относительно желтых линий, после чего произвести регулировку статического сведения;

ф) если синие вертикальные линии по краям растра расположены ближе к центру или находятся дальше желтых от центра более чем на 0,5 мм с каждого края, их необходимо предварительно сблизить, повернув разъем Ш14а (рис. III. 1) на 180°. Затем вращением сердечника катушки L5 добиться сведения синих и желтых вертикальных линий по краям растра. В отдельных случаях лучшие результаты дает отключение этого разъема установкой его на контакты 2—3.

Особенностью блока сведения телевизора УПИМЦТ-61-II является расположение на нем наряду с регуляторами динамического сведения регулятора бокового смещения синего луча и регуляторов напряжений на ускоряющих электродах кинескопа. Боковое смещение синего луча осуществляется электрическим путем при помощи переменного резистора R1 (цв. рис. II. 16).

Регулировка, как обычно, начинается со сведения красных и зеленых линий, для чего перестановкой перемычки Х23. 2 на печатной плате блока обработки сигнала из положения 1 в положение 2 выключается синий луч (рис. II. 17). Последовательность регулировок показана на цв. рис. II. 16. Отметим некоторые особенности сведения линий на краях растра, расположенных симметрично относительно друг друга:

а) сведение красных и зеленых горизонтальных линий в верхней части растра производится переменным резистором R17, а в нижней — R11. Если

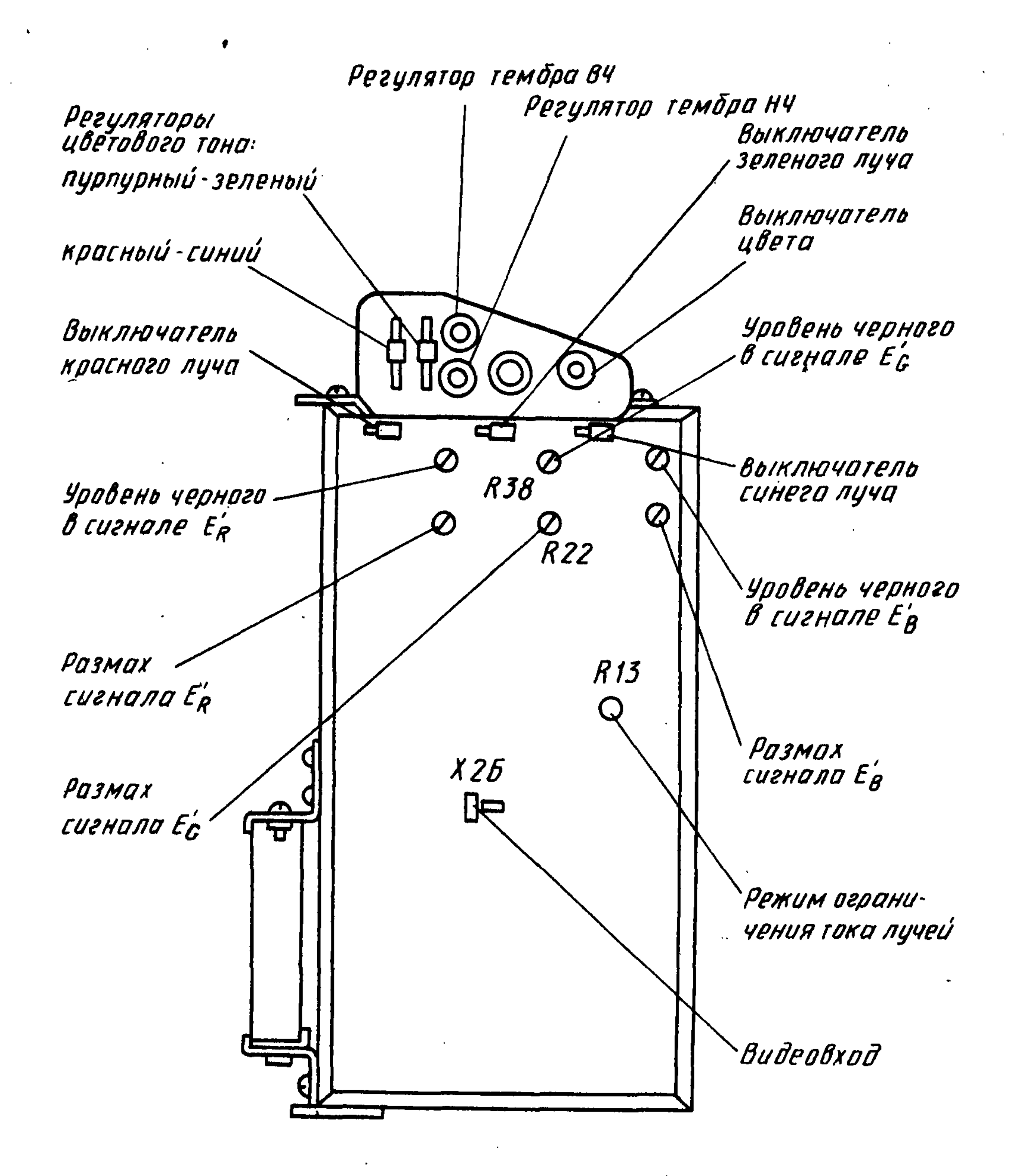


Рис. II. 17. Расположение регулировок на блоке обработки сигналов телевизора УПИМЦТ-II

осуществить это полностью не удается, необходимо установить эти линии однополярно, параллельно и на одинаковом расстоянии друг от друга, а затем совместить регуляторами статического сведения;

б) сведение красных и зеленых вертикальных линий на краях растра производится катушкой L3 и потенциометром R9. При невозможности полного сведения красных и зеленых вертикальных линий их следует установить однополярно, параллельно и на одинаковом расстоянии, а затем свести регулятором статического сведения;

в) сведение желтых и синих горизонтальных линий в верхней части растра производится переменным резистором R24, а в нижней части — R27. В случае невозможности полного сведения синих и желтых горизонтальных линий их необходимо установить однополярно, параллельно, на одинаковом расстоянии, а затем свести регуляторами статического сведения;

г) сведение синих и желтых вертикальных линий на краях растра производится вращением сердечника катушки L1. В случае невозможности полного сведения их необходимо установить однополярно, параллельно, на одинаковом расстоянии, а затем совместить при помощи потенциометра R1.

Сведение считается удовлетворительным при отсутствии разведения: в центре экрана; не превышающего 1,2 мм в зоне, ограниченной расстоянием 110 мм от краев экрана по горизонтали и не менее 45 мм от краев экрана по вертикали; не превышающего 3 мм на расстоянии 25 мм от краев экрана (рис. II. 12). Разведение измеряется между центрами лучей различного цвета.

10. Проверка и регулировка баланса белого (вопрос II. 4) для обеспечения правильного соотношения между токами трех лучей производится подбором напряжения на электродах кинескопа в такой последовательности:

1) отключают канал цветности и получают на экране телевизора нормальное черно-белое изображение УЭИТ или сигнала серой шкалы (вопросы II. 7, II. 9);

2) ручку подстройки частоты гетеродина (положение «Ручная подстройка») отлаживают таким образом, чтобы вертикальные границы между различными градациями воспроизводились с возможно большей резкостью;

3) регуляторы цветового тона устанавливают в среднее положение;

4) еще раз убеждаются в отсутствии цветных пятен на растре (вопрос II. 8, п. 8).

В унифицированных телевизорах УЛПЦТ-59-II необходимо:

а) измерить напряжение в контрольной точке 2КТ19 (выход цветоразностного усилителя синего). Оно должно быть в пределах 80—100 В;

б) установить потенциометрами 2R155, 2R151 на выходах цветоразностных усилителей красного (2КТ6) и зеленого (2КТ14) напряжения, отличающиеся не более чем на 5 В от напряжения в контрольной точке 2КТ19;

в) установить максимальную яркость и контрастность изображения;

г) потенциометром 2R18 (дополнительный регулятор яркости) на аноде лампы 2Л1 установить напряжение 220 В;

д) в контрольной точке 2КТ2 потенциометрами 3R71, 3R72, 3R79 (напряжение на ускоряющих электродах кинескопа) установить напряжение + 230 В при одновременном обеспечении предварительного баланса белого на большей части шкалы градаций яркости УЭИТ;

е) выключить синий и зеленый лучи кинескопа;

ж) регулятором 7R13 уменьшить яркость красного цвета до момента полного погасания всех точек экрана кинескопа. Если это происходит в крайнем положении регулятора, следует потенциометром 3R71 уменьшить напряжение на ускоряющем электроде красного прожектора кинескопа;

з) включить синий и отключить красный луч кинескопа;

и) установить потенциометр 3R73 в положение, при котором наступает момент полного погасания всех точек растра синего цвета;

к) включить зеленый и отключить синий луч кинескопа;

л) установить потенциометр 3R72 в положение, при котором наступает полное погасание всех точек растра зеленого цвета;

м) включить все три луча кинескопа;

н) оценить окраску наиболее ярких белых участков изображения, и если на них наблюдается преобладание какого-либо цвета (красного, зеленого или синего), то потенциометрами на панели кинескопа 9R1 (для красного), 9R2 (для синего) или 9R1 и 9R2 совместно (для зеленого) получить белый цвет свечения;

о) при появлении дополнительной окраски на темных (серых) участках изображения потенциометрами 3R71, 3R72, 3R73 повторно отрегулировать напряжение на ускоряющих электродах кинескопа, затем потенциометрами 9R1, 9R2 получить белый цвет свечения.

Баланс белого достигнут, если отдельные участки шкалы градаций ярко-

сти испытательной таблицы УЭИТ отличаются только степенью яркости, но не цветовым оттенком, а также если при регулировке яркости, контрастности и изменении напряжения питающей сети в пределах +6—10 % от номинального значения цвет экрана не выходит за пределы едва заметной окраски одним из основных цветов.

В унифицированных телевизорах УЛПЦТ-61-II, УЛПЦТИ-61-II следует:

а) измерить напряжения на контрольных точках КТ6, КТ14 и КТ19, расположенных на модуле М5 блока цветности; в телевизорах «Радуга-716» и «Горизонт-723» — соответственно на КТ21 — КТ23, расположенных в модуле. У8 (см. схему телевизора). Напряжения в этих точках должны быть в пределах 100—120 В и отличаться друг от друга не более чем на 5 В. В ином случае потенциометрами R151 и R155 (соответственно R68 и R79 в телевизорах «Радуга-716» и «Горизонт-723») в контрольных точках КТ6, КТ14 устанавливают напряжения, равные напряжению в контрольной точке КТ19;

б) регуляторы «Яркость» и «Контрастность», расположенные на передней панели телевизора, и движки переменных резисторов R1 и R2 на панели кинескопа повернуть вправо до упора; вращением переменного резитора R18 (в телевизорах «Радуга-716», «Горизонт-723, -728» — R26) на аноде лампы Л1 (верхний выход проволочного резистора R46) установить напряжение 220 В;

в) регулировкой потенциометров R44, R46 и R47 (напряжение на ускоряющих электродах) в контрольной точке КТ2 установить напряжение 230 В, добиваясь одновременного получения баланса белого на большей части серой шкалы. Эта регулировка обеспечивает нормальную работу схемы ограничения тока лучей кинескопа;

г) регулятором «Яркость» уменьшить яркость до минимальной. Поочередно, оставляя на экране только один цвет, незначительной регулировкой потенциометров R44, R46 или R47 добиться одновременного погасания первичных цветов (красного, зеленого и синего) при таком положении регулятора яркости, которое соответствует погасанию первого из них;

д) увеличить общую яркость и оценить окраску полос, особенно в левой части экрана (первая и вторая полосы при сигнале цветных полос). Определить, какой из цветов преобладает. Если преобладает красный или синий цвет, необходимо уменьшить их яркость поворотом влево переменных резисторов на плате панели кинескопа (R1 — для красного, R2 — для синего); если преобладает зеленый цвет, необходимо оба переменных резистора повернуть вправо, добиваясь белого цвета свечения наиболее ярких полос серой шкалы. Операции, изложенные в пп. «г» и «д» целесообразно повторить 2—3 раза.

В унифицированных телевизорах УПИМЦТ-61-II (расположение регулировок на кросс-плате блока обработки сигнала показано на рис. II. 17) необходимо:

а) установить уровень черного на катодах кинескопа. С этой целью регуляторы цветового тона поставить в среднее положение, а регуляторы «Яркость» и «Контрастность» — в положение наибольшей яркости и контрастности. Контакт *7* модуля яркостного канала и матрицы AS8 (см. схему телевизора) соединить с шасси. Тумблер SA1 «Цвет» установить в положение «Выключено». Подключая вольтметр последовательно к разъемам X5B, X5G и X5R с помощью потенциометров R37, R38 и R41, установить напряжение на каждом из них равным 170 В;

б) контакт *7* модуля отсоединить, а контакт *6* соединить с шасси;

в) измерить напряжение на контакте *9* модуля, которое должно составлять 2 В;

г) при помощи осциллографа проверить размах сигнала на разъемах

X5B, X5G и X5R и при необходимости подрегулировать (переменными резисторами R21— R23) таким образом, чтобы он составлял 70 В (от уровня черного до уровня белого);

д) разомкнуть контакт *6* модуля и измерить напряжение на нем. Оно должно быть в пределах 1,4—1,6 В. Переменным резистором R13 на контакте *9* модуля AS8 установить напряжение на 0,6 В большее, чем измеренное на контакте *6;*

е) регулятор «Контрастность» установить в положение, соответствующее минимальной контрастности. Регулируя переменными резисторами R32— R34 напряжение на ускоряющих электродах в блоке сведения, добиться баланса белого на темном (едва светящемся) экране;

ж) регулятор «Контрастность» установить в положение максимальной контрастности;

з) оценить цвет свечения в светлой части экрана. Для этого рекомендуется использовать участки таблицы или испытательных сигналов, расположенных в центральных частях экрана, где нарушения чистоты цвета и сведения проявляются в меньшей степени. При преобладании красного цвета нужно в небольших пределах уменьшить размах сигнала E'_R, а пользуясь переменными резисторами R23 и R21,— соответственно сигналы E'_B и E'_G;

и) тумблер включения сигнала цветности SA1 установить в положение «Включено».

11. Проверка настройки контура коррекции высокочастотных предыскажений сигналов цветности (вопрос VII. 11) может быть произведена по желто-синим и красно-голубым штрихам, размещенным на участках от Е до X 9-й горизонтали УЭИТ. Настройка полосы пропускания контура высокочастотных предыскажений (КВП) определяет равномерное распределение цвета вдоль всего 9-го ряда от Е до X, то есть должны быть равномерно засвечены как светлые, так и темные штрихи. При этом переходы между цветовыми штрихами должны быть четкие, отсутствовать тянущиеся цветовые продолжения. При правильной настройке КВП цвет желто-синих и красно-голубых штрихов должен примерно соответствовать аналогичным цветам горизонталей 6 и 7 от Б до Щ таблицы УЭИТ. В этом случае можно утверждать, что цветовая четкость нормальная, контур обратной коррекции настроен на оптимальную частоту 4,286 МГц и имеет достаточную полосу пропускания — не менее ± 1 МГц. Если теряют окраску желтые и красные штрихи, это означает, что КВП настроен на более высокую резонансную частоту; если же теряют окраску синие и голубые штрихи — то на более низкую и его нужно подстроить.

12. Проверка цветовой четкости тоже осуществляется по 9-му ряду вертикальных штрихов от Е до X таблицы УЭИТ. Если цвета штрихов различаются в левом (участок 9Е — К) и правом блоках (участок 9С — X), это соответствует четкости 0,5 МГц (разрешающая способность 55 линий по таблице 0249). При различении цвета штрихов центрального блока (участок 9Л — Р) четкость будет соответствовать частоте 1 МГц (разрешающая способность 110 линий по таблице 0249).

13. Совпадение во времени сигнала яркости и цветоразностных видеосигналов, то есть точность, с которой совпадают вертикальные градации черно-белой и цветной составляющих изображения, также можно проверить с помощью, например синих и желтых штрихов 9-го ряда таблицы УЭИТ. Для этого, выключив канал цветности, отмечают положение одного из переходов, например в полосе сине-желтых штрихов (участок 9Л — Р). Включив канал сигнала цветности, сравнивают положение переходов в яркостном сигнале с переходами в цветоразностном.

С помощью УЭИТ можно рекомендовать другой способ проверки совпадения во времени яркостной и цветовой информации. Необходимо обратить

внимание на яркость желтых и синих штрихов. Если желтые штрихи имеют слева меньшую, а синие (тоже слева) большую яркость, то задержка сигнала яркости по отношению к сигналу цветности избыточна; если желтые штрихи имеют справа меньшую, а синие (тоже справа) большую яркость, то задержка мала.

14. Проверка линейности амплитудно-частотных характеристик детекторов каналов цветности (вопрос III. 21) производится по сигналу радуги, помещенному на горизонтальной полосе 12-го ряда от Е до Х. Если дискриминаторы имеют достаточную полосу пропускания (около ±600 кГц) и нелинейность их амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) не превышает допустимых пределов (±25 %), то сигнал радуги воспроизводится в виде двух цветов: зеленого (на участке 12Е — Н) и пурпурного (на участке 12Х — О), причем насыщенность цветов от краев радужной полосы (квадраты 12Е и 12Х) к ее середине убывает, образуя на участке 12Н — О область серого. Отсутствие цвета или малая насыщенность его на участке 12Н — О указывает на недостаточную ширину полосы пропускания канала цветности или ослабление сигнала яркости на частотах 5,0—5,5 МГц. Причиной этого может быть также отклонение частоты гетеродина селектора каналов от номинального значения либо недостаточная ширина полосы пропускания канала изображения (УВЧ, УПЧИ, видеодетектора, усилителя видеосигналов). Если полоса пропускания и линейность АЧХ дискриминаторов каналов цветности недостаточны, то сигнал радуги (зеленый и пурпурный цвета) будет искажаться. Смещение области серого в сигнале радуги влево или вправо указывает на нелинейность АЧХ дискриминаторов каналов цветности телевизора.

Объективно контролировать линейность АЧХ дискриминаторов цветоразностных сигналов можно по электрическому сигналу этой строки с помощью осциллографа с блоком выделения строки.

15. Проверка правильности установки «нуля» дискриминатора канала красного и синего производится с помощью сигнала 8-го ряда УЭИТ (градационная шкала яркости или серая шкала). При выключенном блоке цветности проверяется баланс белого телевизора (вопрос II. 4). Затем включают блок цветности, при этом цветовой тон черно-белого изображения 8-го ряда не должен измениться. Если изображение этого ряда приобрело окраску (красного, синего, зеленого или другого оттенка), то это указывает на расстройку средней — «нулевой» частоты дискриминаторов в канале красного или синего. При включенном блоке цветности следует настроить «нуль» дискриминатора канала красного или синего таким образом, чтобы не происходило изменения цветового тона изображения 8-го ряда таблицы УЭИТ.

Дискриминаторы обоих цветоразностных каналов настроены правильно, если при включении и выключении блока цветности сигнал градационной шкалы яркости 8-го ряда Д — Ч не принимает дополнительной цветовой окраски. В противном случае для подстройки дискриминаторов выключают зеленый и красный лучи кинескопа. Если при включении и выключении тумблера цветности изменяется яркость синей полосы градаций, то, вращая сердечник контура дискриминатора синего канала, добиваются неизменяющейся яркости. Затем то же самое делают в красном канале, выключив зеленый и синий лучи. После этого вновь включают все лучи и проверяют установку «нулей» дискриминаторов.

16. Проверка низкочастотной коррекции цветоразностных сигналов (вопрос VII. 10) производится по изображению цветных полос, расположенных в 6-м и 7-м рядах от Б до Щ. Насыщенность цвета в сигналах этих полос не превышает 30 %, поэтому ограничения цветоразностных сигналов на переходах от цвета к цвету не происходит. При пра-

вильно установленной НЧ-коррекции этих сигналов в телевизоре на изображении видны четкие переходы между цветами.

При неправильной коррекции на границе переходов (особенно на переходе от зеленого к пурпурному) появляются темные или светлые вертикальные линии. При недостаточной коррекции НЧ-сигналов в телевизоре на его экране в изображении цветных полос 6-го и 7-го рядов таблицы наблюдается незначительный светлый повтор справа от перехода; переходы становятся несколько размытыми. Такие затянутые от цвета к цвету переходы допустимы на изображении цветных полос, помещенных в 14-м и 15-м рядах.

Наблюдая изображения цветных полос 6-го и 7-го рядов, можно правильно отрегулировать степень коррекции цветоразностных сигналов в телевизоре путем подбора элементов цепочек обратной коррекции низкочастотных предыскажений.

17. Соответствие уровней яркостного и цветоразностных сигналов на электродах кинескопа можно проверить по горизонталям 14-го и 16-го рядов УЭИТ. Это делают при включенном блоке цветности, сравнивая яркость элементов по горизонталям 15 и 16 при двух выключенных лучах кинескопа. Сначала выключают синий и зеленый лучи. Если яркость красного цвета на этих горизонталях одинакова от Д до Х, то уровень цветоразностного сигнала на управляющем электроде соответствует уровню яркостного сигнала на катоде кинескопа. Если яркости горизонталей отличаются, необходимо ручкой «Насыщенность» сделать их одинаковыми.

Затем выключают красный и включают синий луч кинескопа. При этом яркости горизонталей 15 и 16 должны быть одинаковыми. В противном случае уровень одного из цветоразностных (красного или синего) сигналов устанавливают подстроечным резистором, соответствующим этому цвету и расположенным на плате цветности, так, чтобы ручкой «Насыщенность» можно было получить необходимые уровни яркостного и обоих цветоразностных сигналов.

Различная яркость соседних строк по всему полю красных и синих прямоугольников свидетельствует о неравенстве коэффициентов усиления каналов прямого и задержанного сигналов цветности.

18. Воспроизведение цветных прямоугольников в неправильной последовательности (ряды 6 и 7 ; 14 и 15) указывает на нарушение нормальной работы системы цветовой синхронизации (вопрос III. 23).

19. Проверку матрицирования цветоразностного сигнала $E'_R - E'_Y$ (вопрос III. 22) необходимо производить следующим образом. При включенном блоке цветности выключить синий и зеленый лучи кинескопа. Регулятор «Контрастность» поставить в положение, соответствующее номинальному сигналу, а регулятором «Яркость» несколько уменьшить яркость свечения экрана. При этом белые квадраты З, К, М, О, Р, Т, 16-го ряда будут светиться красным цветом определенной яркости, а в 14-м и 15-м рядах красным цветом равной яркости будут светиться участки Б — Ж и О — У. Регулируя потенциометром 2R86 (телевизор УЛПЦТ-61/59-II) размах в канале красного, яркость свечения участков Б—Ж и О—У 14-го и 15-го рядов следует установить одинаковой между собой и равной яркости свечения квадратов З, К, М, О, Р, Т 16-го ряда.

20. Проверку матрицирования цветоразностного сигнала $E'_B - E'_Y$ необходимо производить следующим образом. Выключить красный и зеленый лучи кинескопа; регуляторы «Контрастность» и «Яркость» поставить в положение, аналогичное предыдущей проверке (п. 19). При этом белые квадраты З, К, М, О, Р, Т 16-го ряда, а в 14-м и 15-м рядах участки Б — Г, З — К, Ф — Ц будут светиться синим цветом. Регули-

руя потенциометром 2R200 размах сигнала В в канале синего, нужно добиться одинаковой яркости свечения между собой участков Б — Г, З — К, Ф — Ц, 14-го и 15-го рядов, а также равной яркости свечения квадратов З, К, М, О, Р, Т 16-го ряда.

21. Проверку матрицирования цветоразностного сигнала $E'_G—E'_Y$ необходимо производить следующим образом. Выключить красный и синий лучи кинескопа. Регуляторы «Контрастность» и «Яркость» установить в положение, необходимое для проверки матрицирования сигнала $E'_R—E'_Y$. При этом на изображении УЭИТ квадраты З, К, М, О, Р, Т в 16-м ряду, а участок Б — Н в 14-м и 15-м рядах будут светиться зеленым цветом. Потенциометром 2R151, регулируя амплитуду сигнала $E'_G—E'_Y$, следует установить равномерную яркость свечения всего участка Б — Н 14-го и 15-го рядов, равную яркости свечения квадратов З, К, М, О, Р, Т 16-го ряда.

При неудовлетворительном качестве черно-белого или цветного изображений и после регулировки, то есть в том случае, когда возможности установочных операций исчерпаны, а результат по-прежнему остается неудовлетворительным, необходимо перейти к рассмотрению возможных неисправностей (см. главу IV).

II. 9. Для чего предназначен сигнал генератора цветных полос (ГЦП) и как он формируется?

Сигнал ГЦП является как бы электрическим эквивалентом идеальной передающей камеры и предназначен для контроля и измерения точности воспроизведения основных и дополнительных к ним цветов (вопрос V. 4). Изображение цветных полос содержит три полосы основных цветов: красную, зеленую и синюю, три полосы дополнительных к ним цветов: голубую, пурпурную и желтую, а также белую и черную полосы (цв. рис. II.18). ГЦП может выдавать как вертикальные, так и горизонтальные полосы, причем половина белой полосы может передаваться как серая.

Для получения цветных полос используются три сигнала основных цветов (в форме прямоугольных импульсов), которые отличаются друг от друга по частоте. Так, сигналы зеленого передаются на основной частоте, сигналы красного — на двойной, а синего — на четырехкратной частоте строчной развертки. Соответственно каждый из них при отсутствии двух других создает на экране изображение одноцветных полос, число которых зависит от соотношения между частотой прямоугольных импульсов данного цвета и частотой строк. Так, прямоугольные импульсы зеленого, которые передаются на основной строчной частоте, разделяют растр пополам — одна половина его будет зеленой, а другая — темной. Прямоугольные импульсы красного, передаваемые на двойной строчной частоте, создают две красные и две темные полосы, а прямоугольные импульсы синего, передаваемые на четырехкратной частоте — четыре синие и четыре темные полосы (цв. рис. II. 19, а, б, в).

Важное значение имеет выбор последовательности цветных полос. Наиболее целесообразна следующая: белая, желтая, голубая, зеленая, пурпурная, красная, синяя, черная. Такая последовательность вертикально расположенных цветных полос создается благодаря сложению трех составляющих основных цветов, яркость которых уменьшается слева направо, начиная с белого ($E'_R+E'_G+E'_B$), желтого ($E'_R+E'_G$), голубого ($E'_G+E'_B$), зеленого и пурпурного ($E'_R+E'_B$), красного, снего и черного цветов (рис. II.19, г)

Если сложить сигналы E'_B, E'_R и E'_G в пропорциях, определяющих

структуру сигнала яркости $E'_Y = 0,3E'_R + 0,59E'_G + 0,11E'_B$ (вопрос VI. 8), получится сигнал, имеющий осциллограмму в форме лестницы (рис. III. 18, б), при котором на экране телевизора воспроизводится серая шкала. В этом сигнале яркость понижается слева направо. Такая форма сигнала облегчает оценку ряда параметров тракта, в том числе и качество воспроизведения цветов. С этой целью на три входа (R, G, B) кодирующего устройства (вопрос VII.21) подаются сигналы от ГЦП с уровнями 0,75 В. Яркость белой полосы устанавливается равной 75% максимальной.

ГЛАВА III

УСТРОЙСТВО ЦВЕТНЫХ ТЕЛЕВИЗОРОВ

III. 1. Что такое унифицированный цветной телевизор и когда начато их производство в нашей стране?

Унификация — это рациональное сокращение числа типов, видов, размеров изделий одинакового назначения, а также входящих в них деталей и узлов. Унифицированные телевизоры различных марок изготовлены из одинаковых, то есть унифицированных, деталей и узлов.

Серийное производство цветных телевизоров в СССР практически началось в 1968 г., когда московское производственное объединение «Рубин», ленинградский завод им. Козицкого и Александровский радиозавод выпустили свои первые телевизоры цветного изображения. Это были неунифицированные телевизоры «Рубин-401», «Рубин-401-1», «Радуга-4», «Радуга-5», «Радуга-701», «Рекорд-101», «Рекорд-102». Через пять лет, в 1973 г., были выпущены первые унифицированные цветные телевизоры: «Рубин-707», «Радуга-703», «Рекорд-705». В этом же году львовское производственное объединение «Электрон» выпускает цветные телевизоры под торговой маркой «Электрон-703». Это объединение, как впоследствии и другие заводы нашей страны, минуя этап неунифицированных телевизоров, стало выпускать цветные телевизоры II класса типа УЛПЦТ-59-II (вопрос I. 3) на кинескопе с диагональю экрана 59 см.

Перечисленные телевизоры, выпускаемые разными заводами по единой технической документации и технологии, отличались друг от друга только внешним видом и названием. В них используются 46 транзисторов, 65 полупроводниковых диодов и 10 радиоламп. Потребляемая от сети мощность не превышает 270 Вт.

В результате дальнейшего усовершенствования были созданы телевизоры «Рубин-710», «Радуга-704», «Электрон-710», «Рекорд-706», «Чайка-701», «Весна-710» с улучшенными потребительскими параметрами. В них применены новая акустическая система, позволившая обеспечить воспроизведение звуковых частот в полосе от 80 до 12500 Гц, а в качестве оперативных органов управления впервые — ползунковые переменные резисторы, позволяющие наглядно судить о том, в каком положении находится движок регулятора.

В цветных телевизорах серии 711 («Рубин», «Электрон», «Темп», «Чайка», «Весна», «Фотон», «Рекорд» и др.) значительному упрощению подвергся блок строчной развертки: исключен высоковольтный стабилизирующий триод, демпферная лампа заменена кремниевым диодом, вместо высоковольтного кенотрона используется селеновый умножитель напряжения. Число ламп в телевизоре УЛПЦТ-59/61-II-10/11 сокращено до семи (транзисторов 41, полупроводниковых диодов 68), что позволило повысить надежность телевизора и уменьшить мощность, потребляемую от сети, до 250 Вт. Улучшена также конструкция блоков коллектора и питания.

Телевизоры серии 714 («Рубин», «Рекорд», «Фотон» и др.) отличаются от предыдущей модели тем, что в них установлен новый кинескоп типа 61ЛК3Ц с экраном 61 см по диагонали, обладающий повышенной яркостью, контрастностью. Такой же кинескоп установлен в телевизоре «Радуга-716», в котором, в отличие от телевизора «Рубин-714», применен новый блок цветности на интегральных микросхемах.

В телевизоре «Рубин-718» и других телевизорах этой серии используется всеволновый селектор каналов и система сенсорного выбора программ, что сделало этот телевизор более удобным в эксплуатации. Выбор желаемой программы в нем осуществляется прикосновением пальца руки к специальным контактам, называемым сенсорными полями. Исключение механического переключателя каналов позволило значительно повысить надежность этого телевизора.

Еще через пять лет, в 1978 г., были разработаны телевизоры второго поколения. Разумеется, структурная схема осталась почти без изменений (она определяется системой цветного телевидения СЕКАМ), а элементная база стала другой. Полностью исчезли радиолампы, а полупроводниковые приборы оказались частично вытесненными интегральными микросхемами. Телевизоры второго поколения серии Ц201, Ц202 («Рубин», «Темп», «Чайка», «Березка», «Рекорд», «Славутич») типа УПИМЦТ-61-II (вопрос I. 3) стали полупроводниково-интегральными. В результате потребляемая от сети мощность снижена до 200 Вт.

III. 2. Каковы особенности типовой структурной схемы базового приемника цветного изображения и его основные отличия от приемника черно-белого изображения?

Структурной называется схема, поясняющая в общих чертах (с помощью условных изображений) состав устройства и взаимосвязь между его отдельными частями (блоками). По структурной схеме можно легко понять принципиальную схему телевизора, а в случае ремонта его сразу установить, в какой части и в каком узле следует искать неисправность.

Все современные многоканальные телевизоры собраны по супергетеродинной одноканальной схеме (сигналы промежуточных частот изображения и звука усиливаются одним резонансным усилителем), в которой нестабильность частоты колебаний гетеродина не влияет на качество воспроизведения сигналов звукового сопровождения при приеме в любом частотном канале. Типовая упрощенная структурная схема приемника цветного изображения приведена на рис. III. 1. Использование совместимой системы цветного телевидения (вопрос VI. 4) привело к тому, что все блоки приемника черно-белого телевидения имеются и в приемнике цветного телевидения.

Принятый антенной сигнал поступает на селектор телевизионных каналов. Здесь наряду с выбором канала приема и точной настройки на несущие частоты сигналов изображения и звука происходит их преобразование в сигналы более низких промежуточных частот (38,0 и 31,5 МГц), которые затем поступают на вход усилителя промежуточной частоты изображения (УПЧИ).

Сигналы промежуточной частоты изображения 38,0 МГц и звука 31,5 МГц подаются от УПЧИ на отдельный детектор разностной частоты, с выхода которого сигнал частоты 6,5 МГц поступает на усилитель промежуточной частоты звука (УПЧЗ) и далее — на частотный детектор звука. Сигналы низких звуковых частот от детектора звука поступают на усилитель (УНЧ) и далее — на громкоговоритель для преобразования их в звуковые колебания.

С УПЧИ через режекторный фильтр сигнал промежуточной частоты поступает на видеодетектор. Включение режекторного фильтра позволяет

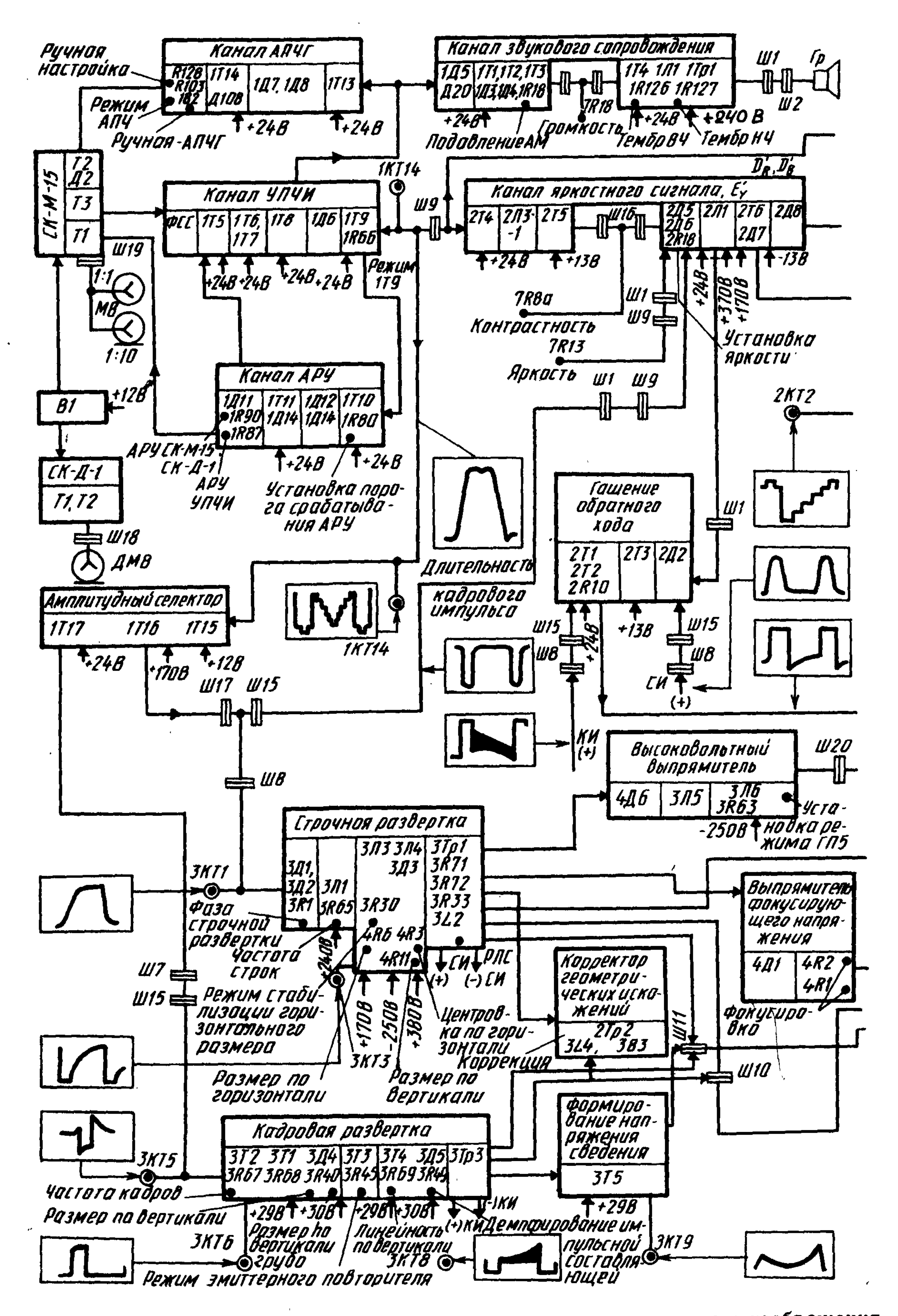


Рис. III. 1. Типовая упрощенная структурная схема приемника цветного изображения УЛПЦТ-59/61-II

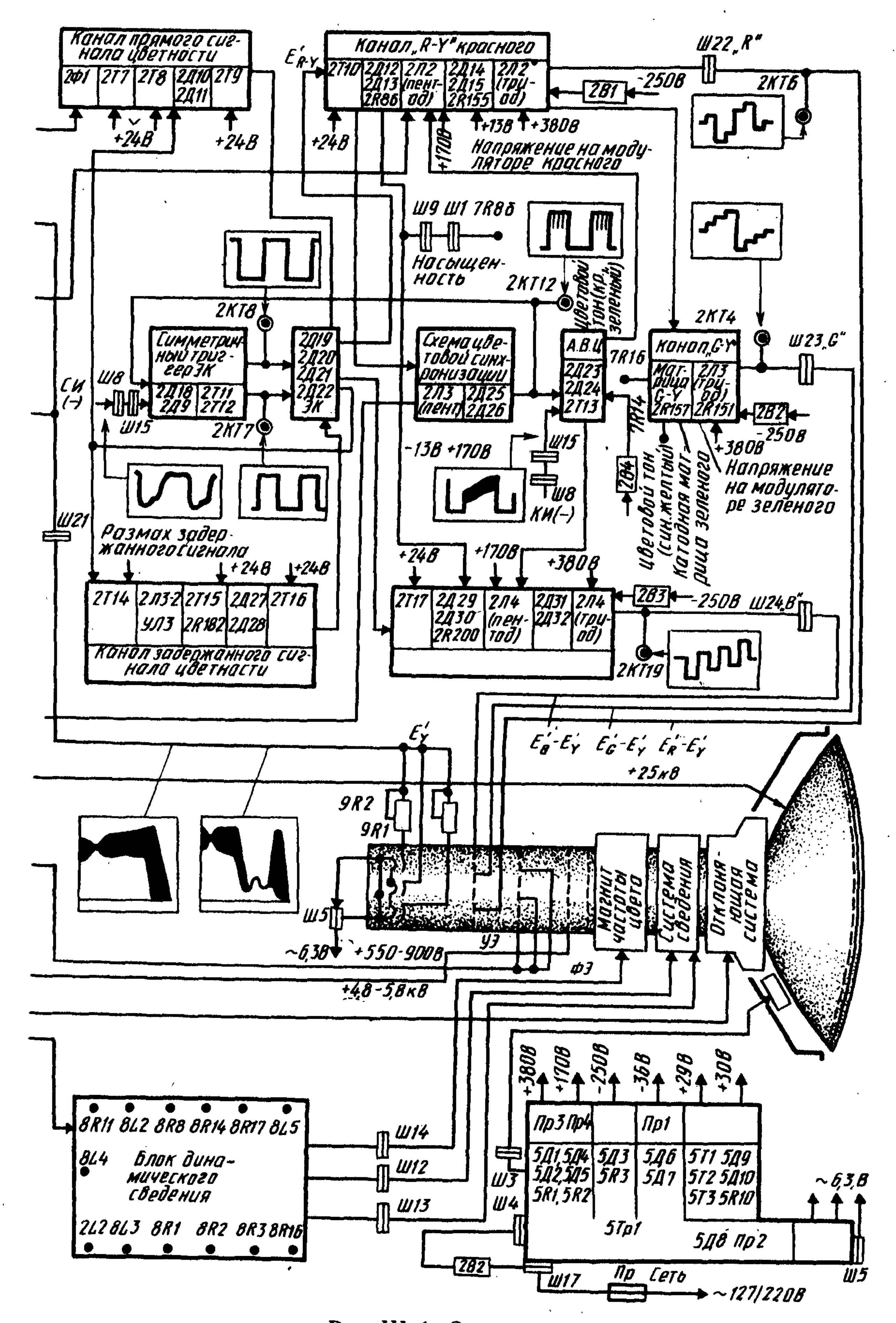


Рис. III. 1. Окончание

подавить промежуточную частоту звука 31,5 МГц, благодаря чему на выходе видеодетектора не образуется разностная частота 6,5 МГц. Это необходимо для того, чтобы избежать появления на выходе видеодетектора биений между промежуточной частотой звука и цветовой поднесущей (с частотой около 2,2 МГц), которые создадут на экране помеху.

С выхода видеодетектора снимается полный видеосигнал цветного изображения, который подается в канал яркости (вопросы VII. 19, III. 12). Канал яркости телевизора цветного изображения — это обычный широкополосный видеоусилитель. Несмотря на некоторое сходство, канал яркости оказывается значительно сложнее, чем видеоусилитель черно-белого телевизора. Эта сложность осуществляется рядом дополнительных требований. Важнейшие из них два: коэффициент усиления для получения примерно вдвое большего напряжения по сравнению с видеоусилителем черно-белого телевизора должен быть около 80—100; необходимо обеспечить задержку сигнала яркости по времени на 0,7—0,8 мкс (рис. III. 16).

Обычно после усиления в одном из первых каскадов сигнал яркости поступает на схему ключевой автоматической регулировки усиления (АРУ), на синхроселектор и в канал цветности (вопросы III.8; III.11; III.17; III.18). В дальнейшем усиление и преобразование сигналов, несущих информацию о цвете передаваемых изображений (E'_{R-Y} и E'_{B-Y}) и яркостного сигнала (E'_{Y}), происходит раздельно.

Выделение из полного сигнала цветного телевидения сигнала цветности и его преобразование в три цветоразностных сигнала E'_{R-Y}, E'_{G-Y} (вопрос VI. 9) происходит в канале цветности (декодер). Здесь вначале выделяются цветоразностные сигналы, на которых последовательно передается информация сначала о красной строке, затем о синей (вопросы III. 21 и VII. 1). Для преобразования и распределения этих цветоразностных сигналов в канале цветности имеются линия задержки на 64 мкс, электронный коммутатор и схема цветовой синхронизации (вопросы III. 19; III. 20; III. 23). Схема цветовой синхронизации осуществляет контроль за правильностью переключений электронного коммутатора, от которого зависит попадание каждого из цветоразностных сигналов с информацией о синем и о красном в «свой» канал, и автоматически отключает блок цветности при приеме черно-белого изображения. Для синхронизации переключений коммутатора с частотой строк канал цветности связан с блоком строчной развертки, а для запирания канала цветности при приеме черно-белого изображения — со схемой кадровой развертки.

Цветоразностный сигнал E'_{G-Y}, который отсутствовал в полном передаваемом сигнале цветного телевидения, восстанавливается в схеме канала цветности телевизора благодаря обратным матричным преобразованиям (вопросы VI. 14; III. 22). Три выхода канала цветности связаны с модуляторами красной, зеленой и синей пушек кинескопа.

Ключевая АРУ обеспечивает хорошую помехозащиту, так как схема АРУ может реагировать на импульсную помеху только во время прохождения строчного синхросигнала, длительность которого составляет 8 % длительности строки.

В синхроселекторе из полного видеосигнала выделяются импульсы синхронизации строк и кадров, которые разделяются и поступают соответственно на кадровую развертку и схему автоматической подстройки частоты и фазы строчной развертки (АПЧиФ).

Кадровая развертка создает необходимое отклоняющее напряжение для перемещения луча по вертикали, схемы динамического сведения, схемы гашения обратного хода луча и формирует импульсы, необходимые для работы схемы опознавания в блоке цветности (вопросы III. 25; III. 36; III. 23).

Строчная развертка формирует пилообразный ток в строчных отклоняющих катушках и питает импульсами обратного хода схемы АРУ, гашения, каскады, управляющие переключением электронного коммутатора с частотой строк, а также три импульсных выпрямителя: питания ускоряющих электродов, фокусировки и высоковольтный выпрямитель (вопросы III. 28 — III. 33).

Высоковольтный выпрямитель для питания второго анода кинескопа должен обеспечивать напряжение около 25 кВ при величине тока 1,2 мА. Для этого требуется значительно большая мощность схемы развертки, чем в черно-белом телевизоре. Питание ускоряющих электродов кинескопа производится от напряжения, создаваемого на конденсаторе вольтодобавки. Напряжение фокусировки 5—6 кВ на первый анод кинескопа подается от отдельного выпрямителя (вопрос III. 30).

Основное различие между черно-белым и цветным телевизорами заключено прежде всего в кинескопе. В цветном телевизоре используется специальный трехлучевой цветной кинескоп (вопрос III. 39). Ток каждого из электронных лучей управляется независимо от двух других лучей напряжением между соответствующим катодом и управляющим электродом кинескопа.

Рядом особенностей цветной телевизор связан с устройствами, обеспечивающими нормальную работу цветного кинескопа. Отклоняющая система (ОС) в цветном телевизоре общая для трех лучей кинескопа. Она должна осуществлять отклонение лучей с малыми геометрическими искажениями трех растров и обеспечить условия для точного совмещения лучей простыми средствами (вопрос III. 36). Этим обусловливается требование высокой точности изготовления ОС и высокой линейности схем строчной и кадровой разверток. Для улучшения сведения трех лучей по полю экрана на выходе усилителей строчной и кадровой разверток включаются трансформаторы коррекции геометрических искажений.

Система динамического сведения — одна из самых сложных в цветном телевизоре и служит для совмещения трех цветоделенных изображений на экране кинескопа путем формирования из импульсов строчной и кадровой разверток токов параболической формы. Последние нужны для коррекции отклонения каждого из лучей по мере удаления его от центра экрана с условием, чтобы расслоение их было минимальным. Такая коррекция осуществляется при помощи регулятора сведения, установленного на горловине кинескопа (вопрос III.40).

В блоке питания имеется несколько выпрямителей, которые создают напряжения, необходимые для питания развертывающих устройств (380 В), радиоканала и канала цветности (150 и 250 В), а также транзисторных цепей (12—56 В). Для автоматического размагничивания кинескопа при включении телевизора применяется катушка размагничивания, включенная в специальную схему (вопросы II.2; III.38).

Таким образом, только в приемнике цветного телевидения дополнительно имеются декодирующее устройство (канал цветности), блок сведения лучей, выпрямитель фокусировки, устройство автоматического размагничивания кинескопа, стабилизатор высокого напряжения, схемы коррекции геометрических искажений растра.

III.3. Каковы особенности конструкции базовой модели унифицированного лампово-полупроводникового телевизора УЛПЦТ-59-II?

Конструкция телевизора блочная. Блоки представляют собой крупные функционально законченные узлы. На шасси размещено семь основных блоков печатного монтажа, соединенных друг с другом с помощью разъемов (рис. III.2,а) — блок управления (БУ), блок питания (БП), блок радиоканала (БР), блок цветности (БЦ), блок коллектора (БК), блок разверток (БР), блок сведения (БС).

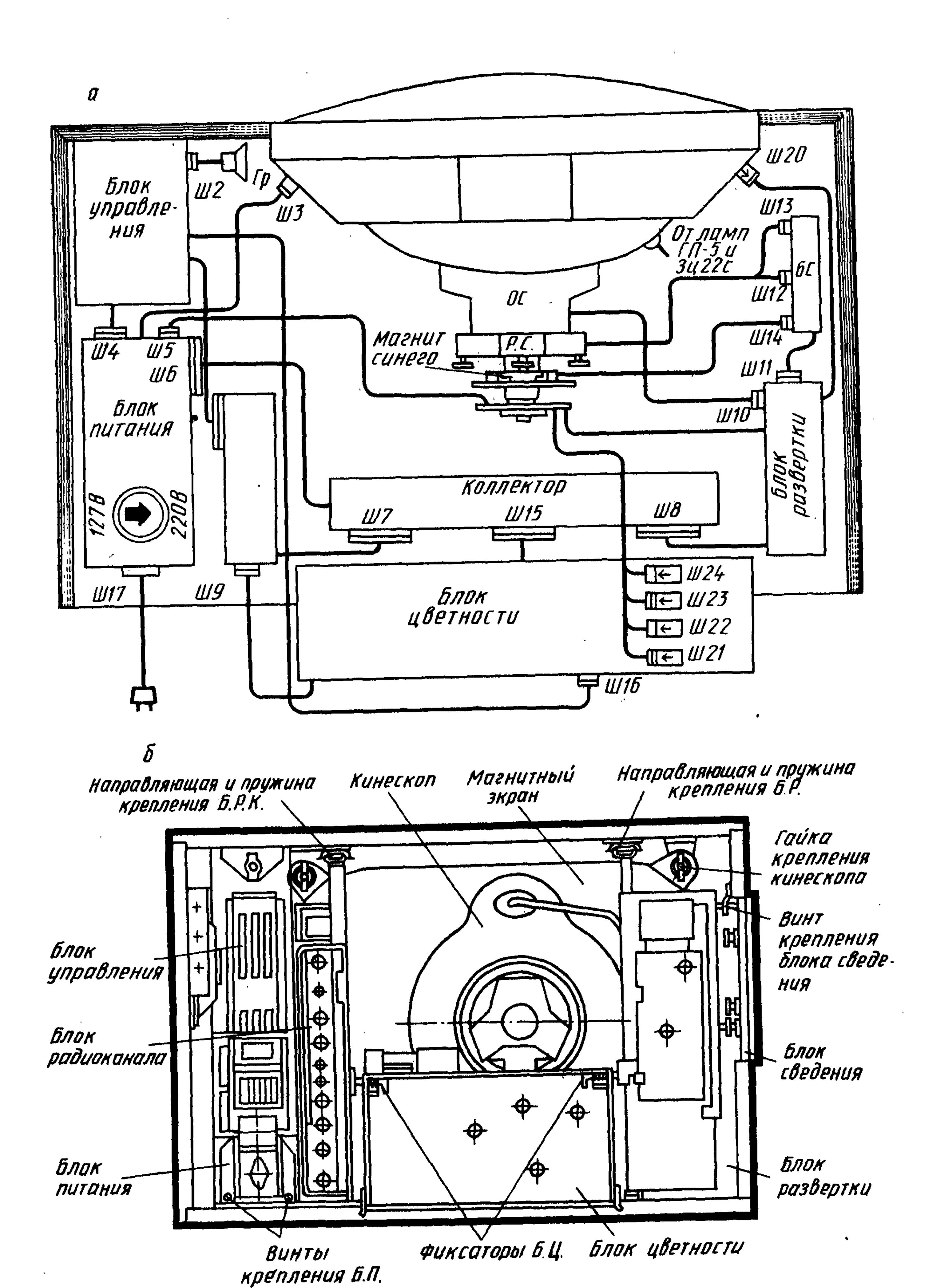


Рис. III.2. Конструкция базовой модели унифицированного цветного телевизора УЛПЦТ-59/61-II:

а — схема соединения блоков; *б* — размещение блоков в футляре (вид сзади)

Способ крепления блоков в футляре (рис. III,2,б) предусматривает возможность их выдвижения для осмотра и проверки без отключения от схемы. Блоки БРК и БР удерживаются в вертикальном положении в направляющих, закрепленных в нижней и верхней частях футляра. Фиксация этих блоков осуществляется защелками, закрепленными на верхних направляющих. При отжимании защелки блоки выдвигаются в сторону задней стенки. Блок цветности крепится кронштейнами к нижней части футляра и удерживается в вертикальном положении при помощи защелок к печатным платам БРК и БР. Если отжать их, блок цветности устанавливается под углом 30° к горизонтали, открывая доступ к элементам монтажа его. Для более надежного закрепления блока цветности во время транспортировки защелки дополнительно фиксируются.

Блок питания установлен на направляющих, фиксируется двумя винтами и выдвигается в сторону задней стенки. Блок управления крепится двумя винтами к лицевой панели и одним — к боковой стенке футляра.

Таким образом, конструкция телевизора предусматривает возможность проверки и ремонта под напряжением каждого из блоков в отдельности.

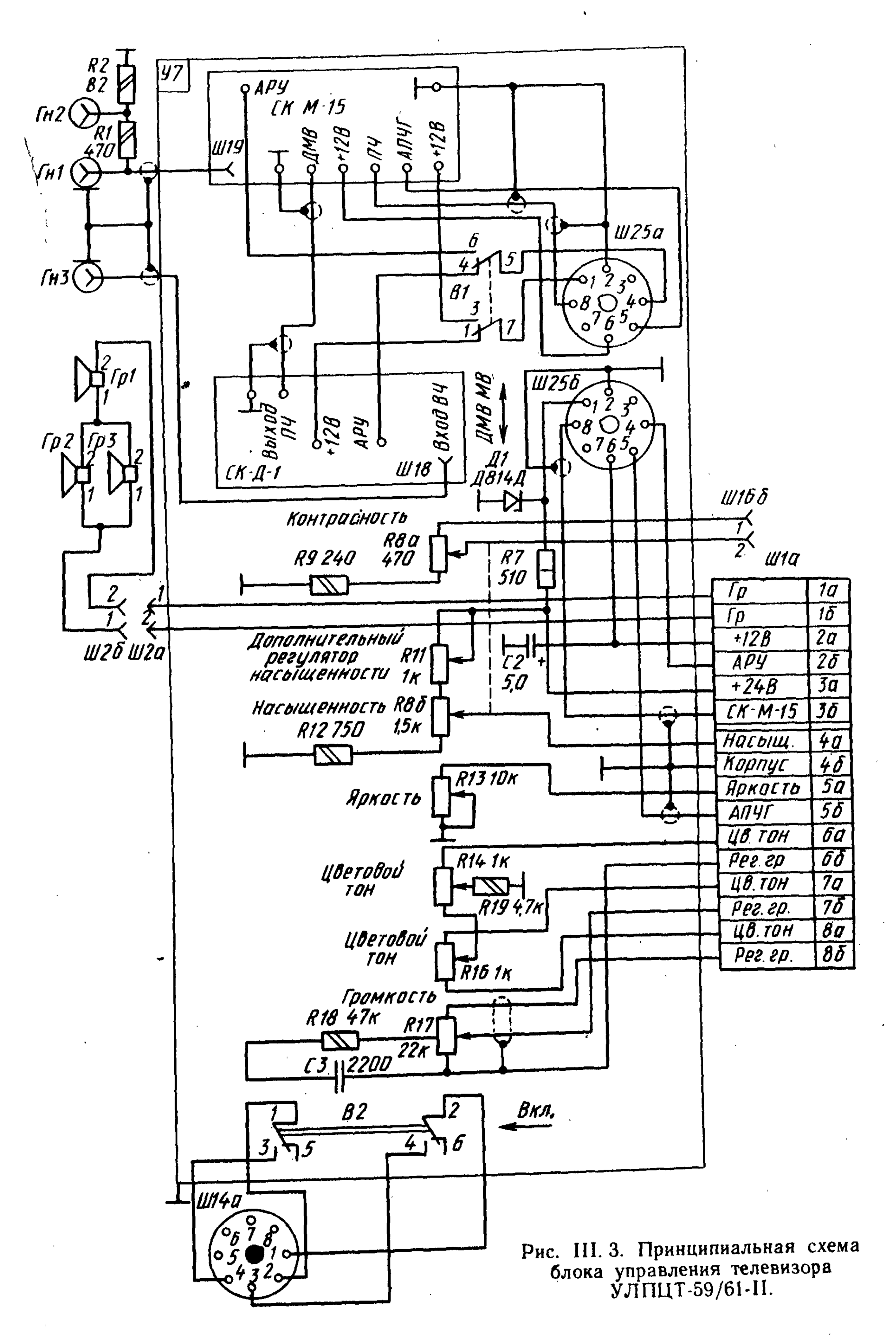
В телевизоре УЛПЦТ-59-II принята следующая нумерация плат и блоков: 1 — блок радиоканала; 2 — блок цветности; 3 — блок разверток; 4 — плата фокусировки; 5 — блок питания; 6 — блок коллектора; 7 — блок управления; 8 — блок сведения; 9 — плата панели кинескопа. На схемах блоков СК-М-15, СК-Д-1 в обозначении радиоэлементов первая цифра отсутствует.

III.4. Как устроен блок управления цветного телевизора УЛПЦТ-59-II-1?

Блок управления (БУ) предназначен для выполнения основных оперативных регулировок: включения телевизора, выбора телевизионного канала в диапазонах метровых и дециметровых волн, регулировок громкости, контрастности, цветового тона и цветовой насыщенности (в ограниченных пределах). В БУ входит передняя панель, на которой расположены оперативные регулировки и переключатели, а также селекторы телевизионных каналов СК-М-15 и СК-Д-1. Принципиальная схема блока управления с селекторами каналов показана на рис. III.3.

Антенные гнезда Гн1 и Гн3, установленные на футляре со стороны задней стенки телевизора, предназначены для подключения фидера от антенны метровых и дециметровых волн соответственно. Гнезда при помощи разъемов связаны со входом селекторов каналов метрового СК-М-15 (Ш-19) и дециметрового СК-Д-1 (Ш-18) диапазонов. При необходимости ослабления входного сигнала метрового диапазона используется гнездо Гн2. Благодаря делителям R1, R2 входной сигнал ослабляется в 10 раз по мощности и в 3,3 раза по напряжению. При использовании гнезда Гн2 в гнездо Гн1 надо вставить штеккер-заглушку с резистором 75 Ом, который входит в комплектацию телевизора. Селекторы каналов СК-Д-1 и СК-М-15 связаны с переключателем 7В1 и разъемом Ш25. Последний позволяет при необходимости без каких-либо отпаек отсоединять селекторы для проверки их и ремонта.

С разъема Ш25а на СК-М-15 поступает управляющее напряжение на схему АПЧГ и напряжение +12 В для питания смесителя. В свою очередь выход промежуточной частоты селектора СК-М-15 связан при помощи коаксиального кабеля с гнездом 8 разъема Ш25а и со входом УПЧИ. Напряжение для схемы АРУ и +12 В для питания коллекторно-базовых цепей УВЧ и гетеродина поступает на СК-М-15 через переключатель 7В1, который позволяет коммутировать эти напряжения либо на СК-М-15, либо



Гр	1а
Гр	1б
+12В	2а
АРУ	2б
+24В	3а
СК-М-15	3б
Насыщ.	4а
Корпус	4б
Яркость	5а
АПЧГ	5б
Цв. тон	6а
Рег. гр	6б
Цв. тон	7а
Рег. гр.	7б
Цв. тон	8а
Рег. гр.	8б

Рис. III. 3. Принципиальная схема блока управления телевизора УЛПЦТ-59/61-II.

на СК-Д-1. Выход ПЧ селектора каналов типа СК-Д-1 связан со входом МВ селектора СК-М-15. Это позволяет при приеме телевизионных сигналов на дециметровых волнах, когда чувствительность СК-Д-1 недостаточна, использовать смеситель селектора каналов СК-М-15 как дополнительный усилитель промежуточной частоты.

Напряжение +12 В для питания селектора каналов поступает через гасящий резистор 7R7, подсоединенный к напряжению +24 В источника питания через разъем Ш1. Напряжение +12В стабилизируется при помощи стабилитрона 7Д1. С резистора 7R7 через разъем Ш1 стабилизированное напряжение +12В снимается для питания транзистора 1Т15 в 1-м каскаде выделения синхроимпульсов (рис. III.12).

В блоке управления расположены шесть основных регулировок телевизора. Переменный резистор 7R8а — регулятор контрастности — подсоединяется к блоку цветности при помощи специального ленточного кабеля типа КАТВ, который заканчивается разъемом Ш16б. Регулировка контрастности осуществляется за счет изменения напряжения в эмиттерной цепи транзистора 2Т5—3-го каскада яркостного канала блока цветности (рис. III.13).

Регулировка насыщенности осуществляется путем подачи положительного напряжения с переменных резисторов 7R11 и 7R8б через разъем Ш11 на ограничители в каналах красного и синего блоков цветности (рис. III. 27). Так как движок переменного резистора 7R8б спарен с движком переменного резистора 7R8а, регулировка контрастности и насыщенности производится одной ручкой «Контрастность». Это позволяет автоматически поддерживать правильное соотношение между размахами яркостного и цветоразностных сигналов во всем диапазоне регулировок. Переменным резистором 7R11 осуществляется дополнительная регулировка насыщенности в соответствии со вкусами зрителей.

Регулировка яркости (переменный резистор 7R13) осуществляется изменением положительного напряжения на управляющей сетке лампы выходного каскада яркостного канала 2Л1 (рис. III.13).

Переменные резисторы 7R14 и 7R16 производят регулировку цветового тона, изменяя окраску экрана добавлением синего или желтого (7R14), либо зеленого или красного цветов (7R16). Регулировки цветового тона позволяют изменять белый цвет свечения экрана, так как они связаны с величиной смещения на управляющих сетках ламп оконечных каскадов цветоразностных усилителей (вопрос III.21).

Переменный резистор 7R17 (регулятор громкости) и цепочка тонкоррекции 7R18, 7С3 включены на выходе дробного детектора канала звука (рис. III.10). С переменного резистора 7R17 напряжение низкой частоты через разъем Ш1 поступает на базу транзистора 1Т4— первого каскада УНЧ в блоке радиоканала. Через разъем Ш2 к блоку управления подсоединяются головки динамические Гр1, Гр2, Гр3, что позволяет, используя разъем Ш1, связать их со вторичной обмоткой выходного трансформатора звука (ТВЗ) 1Тр1, установленного в блоке радиоканала. С 1976 г. разъем Ш1 перенесен с блока управления непосредственно на плату блока радиоканала, что позволило уменьшить длину проводов, соединяющих ТВЗ с головками громкоговорителей.

Выключатель 7В2 подсоединяет первичную обмотку силового трансформатора к электрической сети. С блоком питания он связан при помощи разъема Ш4а.

В телевизоре УЛПЦТ-59-II-1 в отличие от телевизора УЛПЦТ-59-II отсутствует блок СК-Д-1, но предусмотрена возможность его установки и соответственно для этого оформлена лицевая панель.

Конструктивно решение блока управления не унифицируется для воз-

можности создания различного внешнего вида при выпуске унифицированных телевизоров несколькими заводами. Со стороны задней стенки ручки управления расположены одинаково для любой из моделей (рис. III. 4).

Рис. III. 4. Расположение органов регулировки в телевизорах УЛПЦТ-59-II со стороны задней стенки

III.5. Как устроен селектор каналов метровых волн СК-М-15?

В настоящее время высокочастотные блоки телевизоров именуются селекторами каналов (ГОСТ 16706—71) взамен старого названия ПТК — переключатель телевизионных каналов. Это обусловлено тем, что разработаны и разрабатываются ВЧ-блоки с плавным механическим или электронным управлением, не имеющие переключателей. Селектор каналов является самостоятельным узлом и входит в блок радиоканала цветного телевизора.

К селекторам каналов предъявляются следующие основные требования: обеспечение необходимого усиления принимаемого сигнала при заданной форме частотной характеристики и полосе пропускания; обеспечение постоянства коэффициента усиления во всех частотных каналах, минимальный уровень собственных шумов; стабильность частоты гетеродина; согласование входа приемника с фидером антенны; отсутствие самовозбуждения; минимальное излучение гетеродина в окружающее пространство.

Селектор СК-М-15, принципиальная схема которого представлена на рис. III.5, предназначен для приема сигналов изображения и звукового сопровождения в диапазоне частот 49—230 МГц. Он состоит из входной цепи, усилителя высокой частоты (УВЧ) на транзисторе Т1 типа ГТ328А, гетеродина на транзисторе Т3 типа ГТ313Б и смесителя на транзисторе Т2 типа ГТ328А.

Входные цепи селектора содержат фильтр верхних частот. Сигнал с антенны через фильтр верхних частот С1 С2 С3 L2 L3 L4, обеспечивающий подавление сигналов в полосе частот 0—40 МГц не менее чем на 25 дБ, поступает на входной контур с емкостного делителя С4 С5 для уменьшения влияния антенны на входной контур.

УВЧ выполнен на транзисторе Т1, в цепь эмиттера которого подается

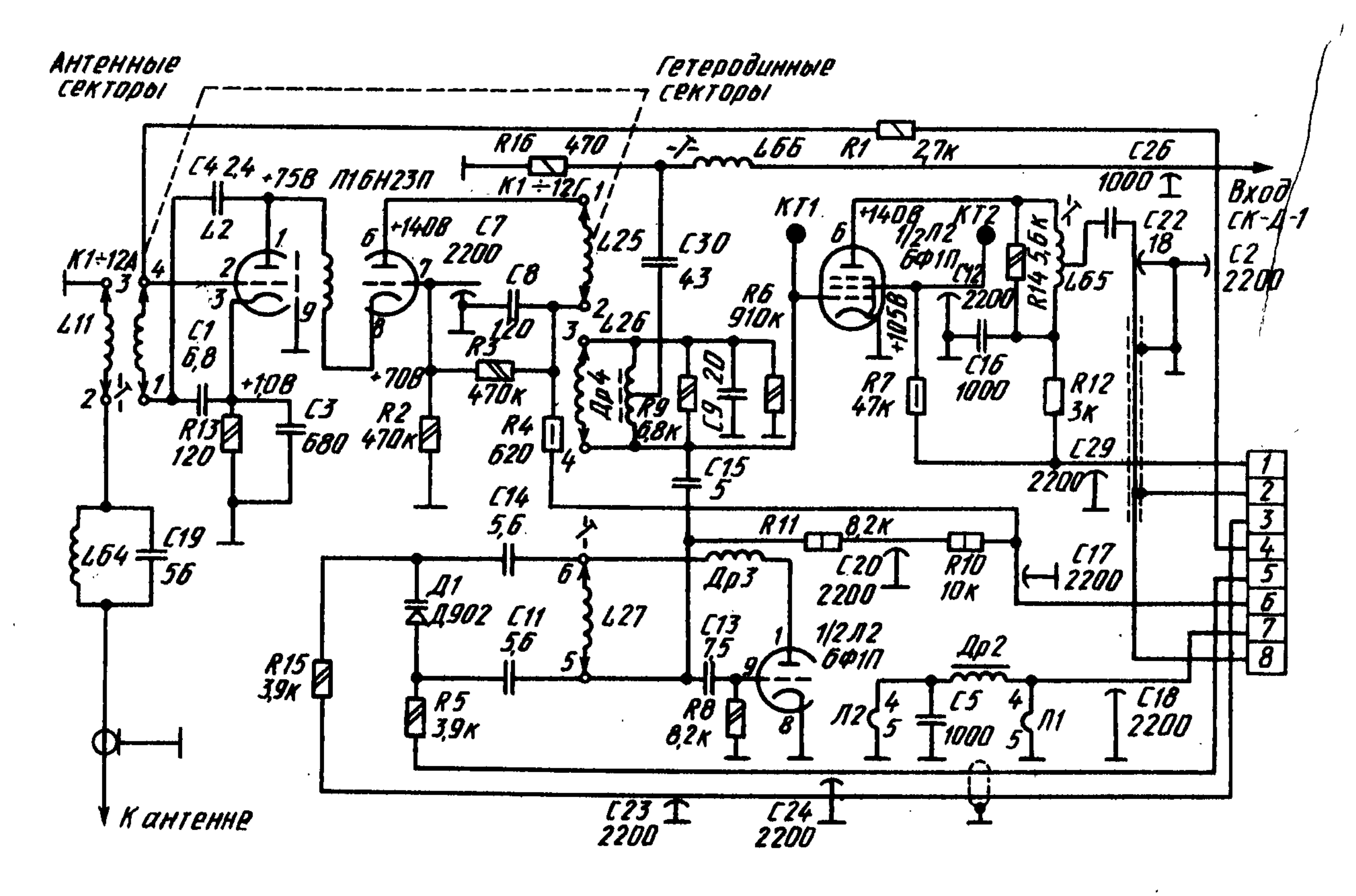


Рис. III. 5. Принципиальная схема блока СК-М-15

сигнал с части витков входного контура через конденсатор С6, а в цепь базы — напряжение АРУ. В коллекторную цепь транзистора включен колебательный контур (каналы 1—6) или полосовой фильтр (каналы 7—12). Для уменьшения шунтирующего действия на контур цепи коллектора транзистора последний подключен к части витков этого контура.

Смеситель выполнен по схеме с общим эмиттером, а гетеродин — по схеме «емкостной трехточки» с общей базой. Для изменения частоты гетеродина применен полупроводниковый диод Д2 типа Д902 (варикап), который обеспечивает плавное изменение частоты гетеродина в пределах 1,5 МГц при изменении управляющего напряжения от 2 до 9В. Напряжение питания коллекторной цепи гетеродина стабилизируется стабилитроном Д1 типа Д809.

Нагрузкой смесителя является одноконтурный фильтр, настроенный на промежуточную частоту и подавляющий частоту гетеродина и ее гармоники, выходное сопротивление которого рассчитано на подключение к УПЧИ с входным сопротивлением 75 Ом. В цепь базы смесителя включен контур L5 C26 R17 Свх C27, предназначенный для подключения СК-Д-1. Подстройка этого контура на частоту 31,5 МГц позволяет скорректировать частотную характеристику блока СК-Д-1 при его подключении к блоку СК-М-15. Такая схема подключения позволяет устранить влияние одного селектора на другой, принимать программы в дециметровом диапазоне волн при любом положении барабана блока СК-М-15.

Питание коллекторной цепи смесителя осуществляется через отдельный вывод на блоке, благодаря чему можно отключить питание от УВЧ и гетеродина блока, используя смеситель блока СК-М-15 в качестве усилителя промежуточной частоты.

Конструктивно селектор выполнен в виде прямоугольной коробки, разделенной перегородкой на две секции — гетеродинную и антенную. Монтаж блока навесной. Внутри корпуса располагается барабанный переклю-

чатель, имеющий 12 секторов. Антенный сектор имеет сеточную и антенную катушки индуктивности, а гетеродинный — катушки контура УВЧ гетеродина и связи смесителя. Каждый вывод катушки сектора припаян к контактам, имеющим сферические посеребрённые головки. Контакты сектора барабанного переключателя замыкаются с неподвижными контактами секций, которые выполнены в виде посеребрённых бронзовых пластин, изогнутых в форме петли и закрепленных на изолированных платах, установленных в отверстиях корпуса блока. Фиксация барабанного переключателя на выбранном канале обеспечивается пружинным фиксатором, на котором установлен вращающийся ролик.

III.6. Как устроен селектор каналов дециметрового диапазона СК-Д-1?

Блок СК-Д-1 предназначен для селекции, усиления и преобразования телевизионных сигналов дециметрового диапазона (470—790 МГц) в сигналы промежуточных частот (31,5—38,0 МГц).

Селектор выполнен на двух транзисторах: один Т1 типа AF239 является предварительным усилителем высокой частоты, другой Т2 типа AF139— автогенерирующий смеситель (рис. III.6). Транзисторы Т1 и Т2 включены по схеме с общей базой. Так как в дециметровом диапазоне размеры деталей и соединенных проводов становятся соизмеримы с длиной волн, то колебательные контуры с сосредоточенными параметрами в этом диапазоне применять нельзя. Поэтому в качестве колебательных контуров в схеме применяются четвертьволновые отрезки длинных линий L2, L4, L5, L7.

Входные цепи селектора рассчитаны на подключение несимметричного кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом с помощью петли связи L1. Входной высокочастотный фильтр L2 C11 C12 индуктивно связан с помощью петли связи L3 с эмиттерной цепью транзистора Т1. В коллекторную цепь этого транзистора включен двухконтурный полосовой фильтр L4 C13 C14 и L5 C15 C16. Для обеспечения требуемой ширины полосы

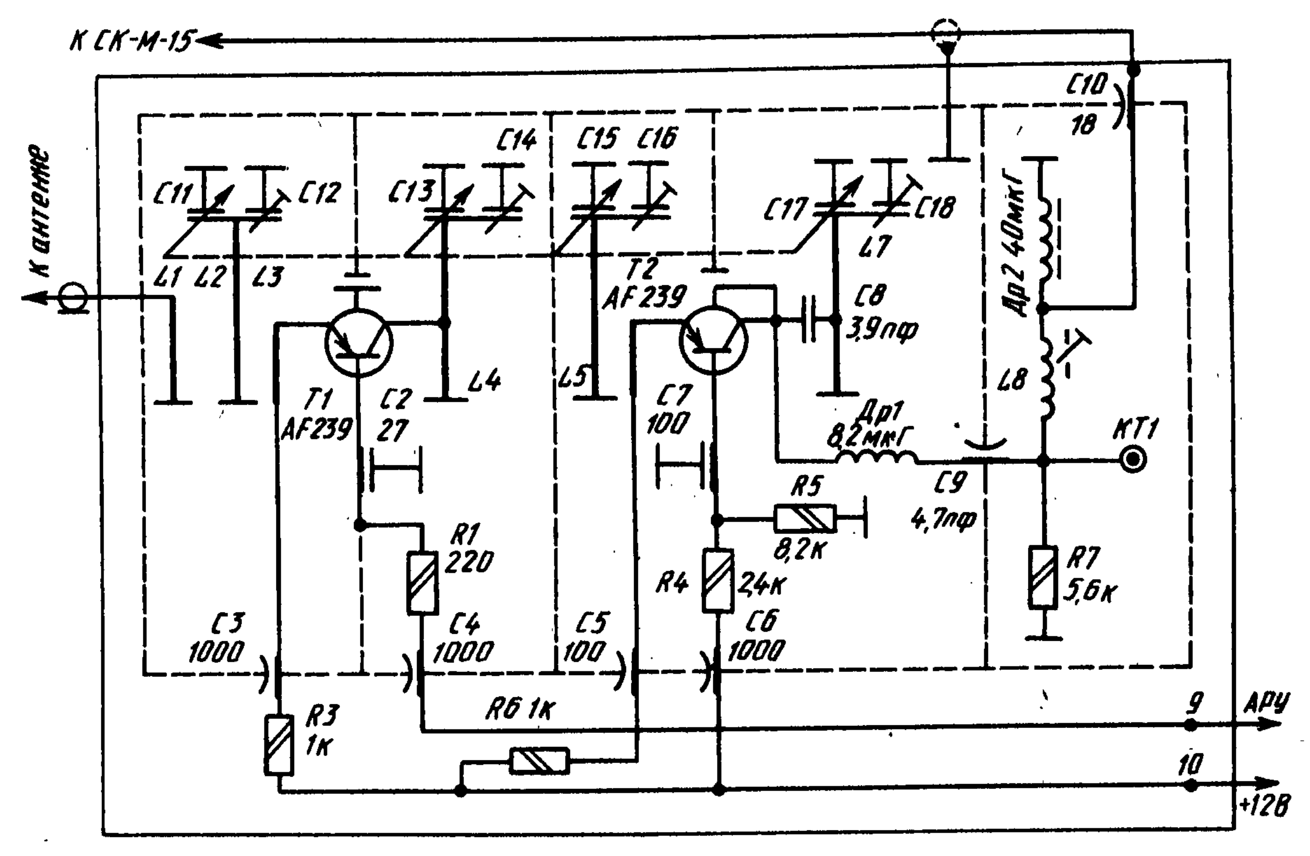


Рис. III.6. Принципиальная схема блока СК-Д-1

пропускания этого фильтра связь между его контурами выбрана больше критической и осуществляется через щель в перегородках корпуса блока между камерами, в которых они смонтированы. Для связи полосового фильтра с автоколебательным смесителем используется индуктивная петля L6, через которую высокочастотный сигнал подается в эмиттерную цепь транзистора Т2.

Гетеродин блока СК-Д-1 собран на транзисторе Т2 по схеме «емкостной трехточки». Его контур L7C17 C18 включен в коллекторную цепь транзистора Т2 через разделительный конденсатор малой емкости С8 для ликвидации паразитной модуляции сигнала промежуточной частоты колебаниями гетеродина.

С помощью механически связанных конденсаторов переменной емкости С11, С13, С15, С17, роторы которых собраны на общей оси, осуществляется плавная перестройка селектора по диапазону. При этом одновремеино перестраиваются входной контур, контуры полосового фильтра и гетеродина. Параллельно секциям переменного конденсатора включены подстроечные конденсаторы С12, С14, С16, С18, которые служат для подстройки селектора и получения необходимого диапазона частот.

В коллекторной цепи смесителя Т2 выделяется промежуточная частота, получаемая как разность частот усиленного каскадом УВЧ высокочастотного сигнала и сигнала гетеродина. Сигнал промежуточной частоты выделяется в контуре, состоящем из катушки индуктивности L8, дросселя Др2, конденсатора С9 и резистора R7. Контур рассчитан на подключение его ко входу смесителя в селекторе каналов метрового диапазона СК-М-15. Последний используется как дополнительный усилитель промежуточной частоты. Др1 служит для ослабления сигнала высокой частоты и пропускания к выходу блока сигнала промежуточной частоты. Режим работы транзистора Т2 определяется резисторами R4, R5 и R6. В цепь базы включен развязывающий конденсатор С7.

Для сохранения качества изображения при изменении уровня входного сигнала каскад УВЧ блока СК-Д-1 охвачен системой автоматической регулировки усиления. Управляющее напряжение АРУ в пределах от 9 до 14 В подается в цепь базы транзистора Т1 через резистор R1. В цепь базы включен развязывающий конденсатор С2.

Конструктивно селектор СК-Д-1 выполнен в виде прямоугольной коробки, разделенной перегородками на пять секций: в первой секции размещен входной контур, во второй и третьей — полосовой фильтр УВЧ, в четвертой — контур гетеродина, в пятой — фильтр промежуточной частоты и верньерное устройство конденсаторов настройки.

III.7. Как устроен и работает усилитель промежуточной частоты изображения (УПЧИ) цветного телевизора УЛПЦТ-59-II?

Основные отличия УПЧИ цветного телевизора от черно-белого определяются более жесткими требованиями к равномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), к подавлению промежуточной частоты сигналов звукового сопровождения 31,5 МГц и нелинейным искажениям. К их числу относят расположение цветовых поднесущих (вопрос VI.16) в области горизонтального участка АЧХ УПЧИ для исключения их демодуляции и помех в яркостном канале. Известно, что неправильное расположение несущей промежуточной частоты изображения в черно-белых телевизорах ухудшает лишь четкость изображения. В цветных же это приводит к неустойчивой работе системы цветовой синхронизации (вопрос III. 23), неправильному цветовоспроизведению и пропаданию цвета. Для правильной передачи цветовых поднесущих и компенсации высокочастотных предыскажений (вопросы VI.17 и VII.11) неравномерность АЧХ в полосе

частот, отстоящих от несущей изображения на 4,5 ± 0,5 МГц, не должна превышать ± 1,5 дБ. Далее, если нелинейные искажения в черно-белом телевизоре приводят к нарушению градаций яркости, то в телевизоре цветного изображения они вызывают появление горизонтальных полос, чередующихся через строку на желтом и голубом цветах. Это объясняется ограничением сигналов, имеющих наибольший размах.

Расположение несущей промежуточной частоты звука 31,5 МГц в области наибольшей режекции (необходимое подавление несущей частоты 31,5 МГц не менее 40 дБ, в то время как в черно-белом телевизоре достаточно подавление на 16—20 дБ) объясняется ее близостью к промежуточным частотам поднесущих сигналов цветности (33,594 и 33,75 МГц). Комбинационные частоты, возникающие на выходе видеодетектора из-за биений между этими сигналами создают помехи на экране в виде мелкоструктурной сетки.

Принципиальная схема трехкаскадного УПЧИ телевизора УЛПЦТ-59-II представлена на рис. III.7. В транзисторном УПЧИ для формирования АЧХ и получения необходимой избирательности на его входе включен фильтр сосредоточенной селекции (ФСС). Применение ФСС позволяет легко осуществить согласование между выходом селектора каналов и входом УПЧИ, уменьшить влияние регулировки усиления на форму АЧХ, а также устраняет возможность возникновения в УПЧИ перекрестных искажений, поскольку основная избирательность осуществляется в линейных элементах ФСС.

В ФСС сосредоточены режекторные контуры, необходимые для получения избирательности усилителя на частотах 30,0; 31,5; 39,5 и 41,0 МГц. Катушка 1L9 последовательный контур 1L10 1C40, настроенный на частоту 39,5 МГц, и резистор 1R42 образуют дифференциально мостовой фильтр. Так как обе половины катушки 1L9 намотаны бифилярно и точка их соединения (3,4) заземлена, напряжения на концах катушки 1L9 сдвинуты по фазе на 180°. Поэтому при резонансе на частоте 39,5 МГц, когда эквивалентное сопротивление последовательного контура 1L10 1C40 оказывается равным сопротивлению резистора 1R42, в точку *1* приходят равные по величине и противоположные по фазе сигналы, которые взаимно компенсируются. На других частотах напряжение сигнала поступает в точку *1* через резистор 1R42, так как контур 1L10 1C40 представляет для них большое сопротивление. Подавление частоты 39,5 МГц в ФСС позволяет получить частотную характеристику с крутым спадом (на частоте 39,5 МГц) при сохранении плавного спада ее в районе частот 38 ± 0,5 МГц. Это обеспечивает минимальные фазовые искажения сигналов изображения УПЧИ.

Резистор 1R41 увеличивает входное сопротивление до 75 Ом, что необходимо для согласования ФСС с выходом селектора. Конденсатор 1C44 и резистор 1R44 ослабляют влияние изменения входной емкости 1-го каскада УПЧИ при изменении величины регулирующего напряжения АРУ, подаваемого в цепь базы транзистора.

1-й каскад УПЧИ собран на транзисторе 1Т5 типа ГТ328Б, включенном по схеме с общим эмиттером. Резистор 1R44 предназначен для снижения влияния входных параметров транзистора на форму АЧХ ФСС. На базу транзистора 1Т5 через резистор 1R45 поступает напряжение АРУ. Напряжение питания на эмиттер подается от источника + 24 В через делитель напряжения, состоящий из резисторов 1R49 и 1R47. Конденсаторы 1C46 и 1C64— развязывающие.

Нагрузкой каскада является фильтр 1Ф6, образованный элементами 1L13, 1C41. В коллекторную цепь транзистора 1Т5 фильтр 1Ф6 включен частично для уменьшения влияния изменяющейся выходной проводимости

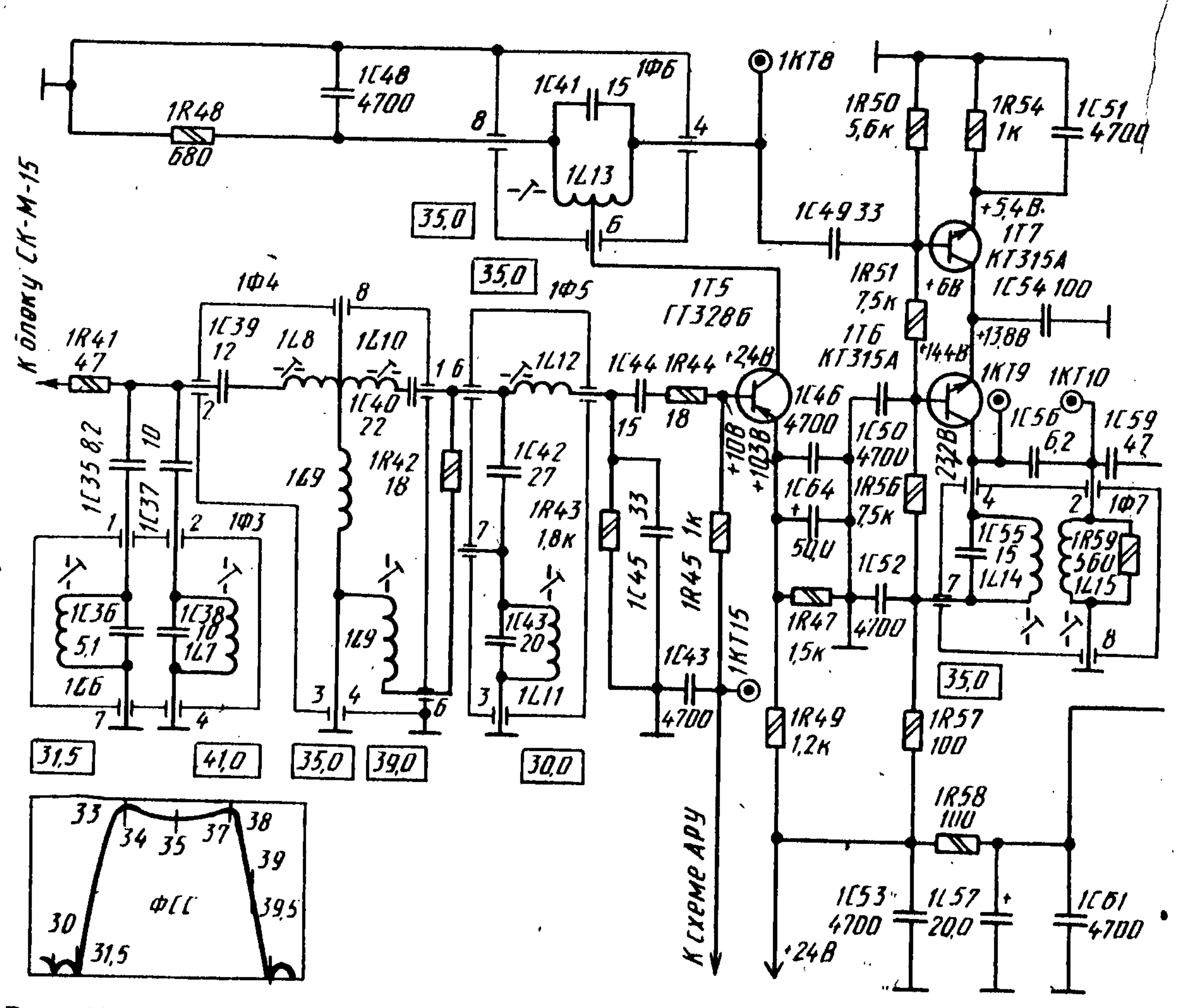


Рис. III. 7. Принципиальная схема усилителя промежуточной частоты изображения телевизора УЛПЦТ-59/61-II

транзистора на его настройку. Последовательно с фильтром 1Ф6 включена цепочка, состоящая из параллельно включенных резисторов 1R48 и конденсатора 1С48. Она определяет режим работы транзистора по постоянному току и служит для увеличения изменения напряжения на коллекторе транзистора при изменении напряжения АРУ. Для уменьшения влияния малого входного сопротивления 2-го каскада УПЧИ на настройку фильтра 1Ф6 цепь базы транзистора 1Т7 подключается через переходный конденсатор 1С49 небольшой емкости.

2-й каскад УПЧИ выполнен на двух транзисторах 1Т6 и 1Т7 типа КТ315А, включенных по каскодной схеме «общий эмиттер — общая база». Такая схема обеспечивает минимальную проходную емкость каскада и максимальную устойчивость ее против самовозбуждения, что позволяет получить высокий коэффициент усиления.

Нагрузкой каскада является полосовой фильтр 1Ф7, состоящий из двух контуров. Первый образован индуктивностью 1L14, конденсатором 1С55 и выходной емкостью транзистора 1Т6, второй — индуктивностью 1L15, конденсаторами 1С59, 1С60 и входной емкостью транзистора 1Т8. Связь между контурами — внешнеемкостная, осуществляемая с помощью конденсатора 1С56. Резистор 1R59 (шунтирующий вторичный контур) предназначен для расширения полосы пропускания фильтра. Для уменьшения шунтирования фильтра малым входным сопротивлением транзистора 1Т8 3-го каскада УПЧИ напряжение в цепь его базы подается с емкостного делителя 1С59 1С60.

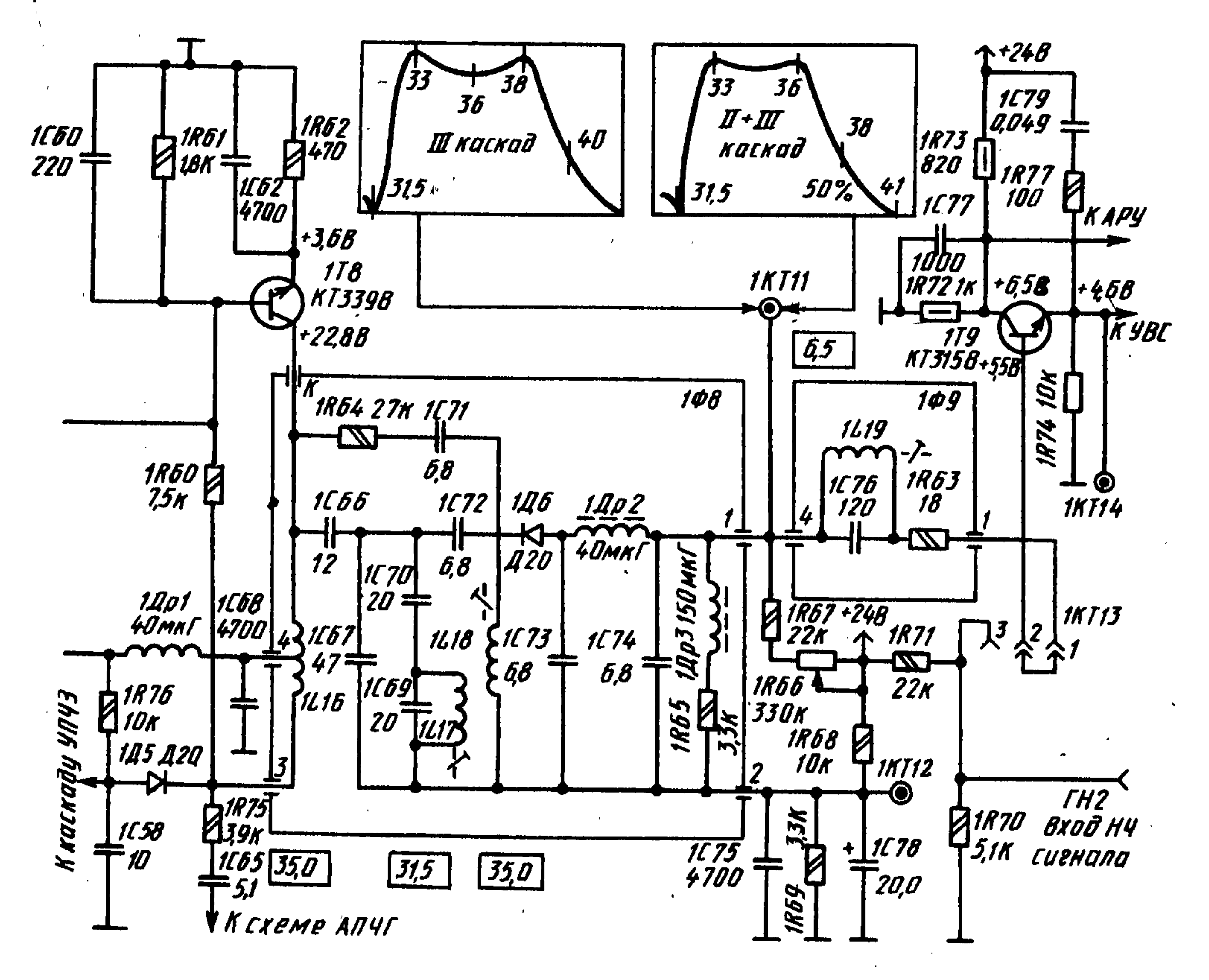


Рис. III.7. Окончание

Питание на каскад подается от источника напряжения +24 В через развязывающий фильтр 1R57 1С52. Элементы автоматического смещения 1R54 1С51 в цепи эмиттера транзистора 1Т7 и делитель напряжения 1R56 1R51 1R50 в цепях баз транзисторов 1Т6 и 1Т7 определяют режим работы каскада по постоянному току и его температурную стабильность. Конденсатор 1С50 соединяет по переменному току цепь базы транзистора 1Т6 с корпусом.

3-й каскад УПЧИ выполнен на транзисторе 1Т8 типа КТ339А по схеме с общим эмиттером. Нагрузкой каскада является полосовой фильтр, размещенный в модуле видеодетектора 1Ф8. Первый контур полосового фильтра образован индуктивностью 1L16 и выходной емкостью транзистора 1Т8, второй — индуктивностью 1L18, конденсаторами 1С67, 1С72 и емкостью монтажа. Связь между контурами полосового фильтра — емкостная и осуществляется двумя цепочками связи: конденсатор 1С71, резистор 1R64 и конденсаторами 1С66, 1С67 и 1С72. Параллельно конденсатору связи 1С67 включен режекторный контур 1L17 1С70 1С69, настроенный на частоту 31,5 МГц. Режекторный контур имеет две резонансные частоты: 31,5 МГц определяется частотой резонанса последовательного контура 1С70 1С69 1L17; 32,5 МГц — параллельного контура 1L17 1С69 1С67. Параллельный контур расширяет частотную характеристику УПЧИ в области высших частот изображения и обеспечивает высокую крутизну ее левого склона.

Питание на каскад подается от источника напряжения +24 В через фильтр 1R58 1С57 1С61 1Др1 1С68. Делитель напряжения в цепи базы

1R60 1R61 и цепочка автоматического смещения 1R62 1C62 в эмиттере транзистора 1Т8 определяют режим каскада по постоянному току и его температурную стабилизацию. Резистор 1R60 осуществляет нейтрализацию проходной емкости транзистора.

Со 2-го контура полосового фильтра 1Ф8 сигнал промежуточной частоты подается на видеодетектор, выполненный на диоде 1Д6 типа Д20. Нагрузкой видеодетектора является резистор 1R65. Дроссель 1Др2 и конденсаторы 1С73, 1С74 образуют фильтр нижних частот для видеосигнала изображения. Одновременно этот фильтр совместно с дросселем 1Др3 образуют сложную схему высокочастотной коррекции.

Продетектированный полный видеосигнал через фильтр 1Ф9 подается в цепь базы транзистора 1Т9 1-го каскада усилителя яркостного сигнала, выполненного по схеме эмиттерного повторителя. Фильтр 1Ф9, состоящий из индуктивности 1L19 и конденсатора 1С76, служит для подавления напряжения второй промежуточной частоты звука 6,5 МГц. Напряжение смещения в цепь базы транзистора 1Т9 подается через контур фильтра 1Ф9 видеодетектора с делителя напряжения 1R68 1R69, заблокированного конденсаторами 1С75 и 1С78.

Цепь, состоящая из резисторов 1R66 и 1R67, предназначена для компенсации базового тока транзистора 1Т9, который при отсутствии сигнала создает между выводами видеодетектора 1Д6 разность потенциалов, препятствующую его нормальной работе. С помощью коммутационной перемычки можно переключить базу эмиттерного повторителя с выхода видеодетектора на вход внешнего видеосигнала (гнездо 1Гн2). Режим транзистора 1Т9 по постоянному току определяется резисторами 1R70 и 1R71.

Эмиттерный повторитель выполнен по схеме с разделенной нагрузкой, то есть каскад является повторителем для блока цветности и селектора синхроимпульсов (рис. III.12) и усилителем видеосигнала для схемы АРУ (рис. III.8), подключенной к коллектору транзистора, что обеспечивает необходимую полярность видеосигнала. На блок цветности видеосигнал подается с эмиттера транзистора 1Т9 (рис. III.7) через октальный разъем Ш9 (на схеме не показан). Эмиттерная нагрузка каскада 2R52 расположена в блоке цветности (рис. III.19). Для того чтобы каскад не оставался с отключенным эмиттером при отключении разъема Ш9 в работающем телевизоре и транзистор 1Т9 не вышел из строя из-за пробоя, служит резистор 1R74.

III.8. Как устроена автоматическая регулировка усиления (АРУ) цветных телевизоров и как она работает?

Устройства АРУ в цветных телевизорах не имеют существенных отличий от аналогичных узлов в черно-белых телеприемниках. Ключевая АРУ телевизоров УЛПЦТ-59-II и УЛПЦТ-61-II всех модификаций (рис. III.8) состоит из ключевого каскада на транзисторе 1Т10 типа КТ315Г и усилителя постоянного тока на транзисторе 1Т11 типа КТ315Г.

Видеосигнал положительной полярности, снимаемый с коллекторной нагрузки 1R73 эмиттерного повторителя 1Т9 (рис. III.7), поступает на базу транзистора ключевого каскада 1Т10. На коллектор этого транзистора через разъем Ш7 (контакт 6в), резистор 1R88, конденсатор 1С82 и диод 1Д12 подаются импульсы обратного хода строчной развертки. Начальное напряжение отсечки (порог срабатывания АРУ) устанавливают подстроечным резистором 1R80 таким, чтобы при отсутствии видеосигнала транзистор 1Т10 был заперт. Постоянное напряжение отсечки подается на эмиттер транзистора 1Т10. При работе телевизора напряжение отсечки изменяется видеосигналом, поступающим с инвертора-повторителя на транзисторе 1Т9 (рис. III.7) на базу транзистора 1Т10. Диод 1Д13 и резистор

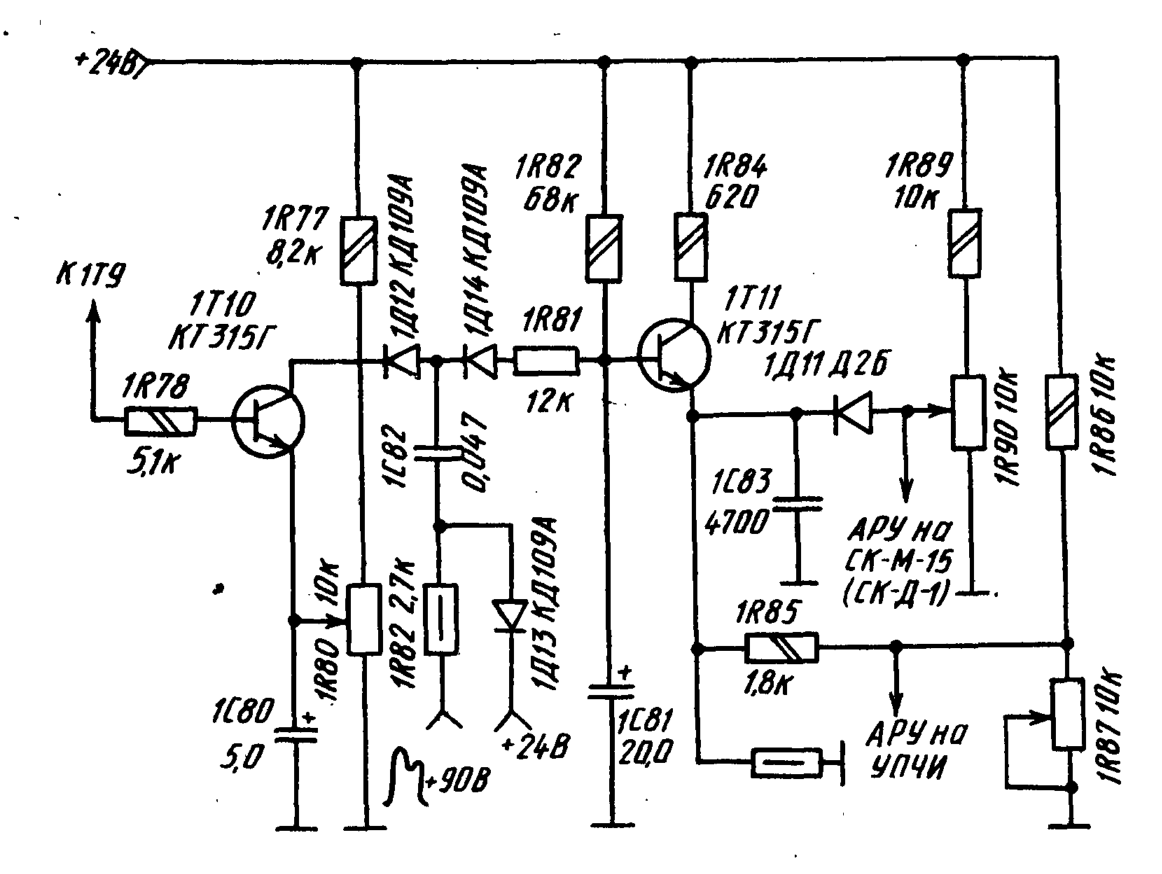


Рис. III. 8. Принципиальная схема АРУ телевизора УЛПЦТ-59-II

1R88 формируют плоскую вершину импульсов обратного хода, уменьшая их размах с 90 до 30 В (ограничивают импульсы обратного хода строчной развертки). Это устраняет влияние на АРУ устройства стабилизации динамического режима выходного каскада строчной развертки и регулировки размера изображения по горизонтали. Диод 1Д12 защищает транзистор 1Т10 от пробоя отрицательным напряжением АРУ, полученным на конденсаторе 1С82, и отрицательными всплесками напряжения, возникающими в результате колебательного процесса развертки в начале прямого хода.

Конденсатор 1С82, который совместно с транзистором 1Т10 и диодом 1Д12 образуют выпрямитель с управляемым напряжением отсечки импульсов обратного хода строчной развертки, заряжается током, протекающим через транзистор каждый раз в промежуток времени, когда синхронизирующие импульсы, поступающие на его базу, совпадают во времени с импульсами обратного хода. При этом на верхней (по схеме) обкладке конденсатора возникает отрицательный потенциал, который через диод 1Д14 и резистор 1R81 поступает на базу транзистора 1Т11. Резистор 1R81 и конденсатор 1С81 образуют фильтр, предназначенный для подавления импульсов строчной и кадровой частоты. Постоянная времени этого фильтра определяет инерционность схемы ключевой АРУ, то есть способность следить за изменениями сигнала на входе приемника. Диод 1Д14 препятствует прохождению положительных импульсов обратного хода строчной развертки в цепи АРУ и предотвращает их интегрирование фильтром 1R81 1С81. В противном случае при интегрировании получалось бы дополнительное постоянное напряжение другой полярности, чем напряжение АРУ, что снижало бы ее эффективность.

На базу транзистора 1Т11 через резистор 1R82 подается положительное напряжение. Когда сигнал на входе телевизора отсутствует и схема АРУ не работает, транзистор 1Т11 оказывается полностью открытым. При этом падение напряжения, создаваемое током транзистора на эмиттерной нагрузке 1R83 максимально, а на переменном резисторе 1R87 равно примерно +9,5 В. Это соответствует работе 1-го каскада УПЧИ, охваченного

той же регулировкой, в режиме наибольшего усиления. С резистора 1R83 регулирующее напряжение АРУ через резисторы 1R85 и 1R45 воздействует на базу транзистора 1Т5 1-го каскада УПЧИ. На базу транзистора Т1 в селекторе каналов через диод 1Д11 напряжение АРУ приходит с дополнительной задержкой. Подстроечным резистором 1R87 без приема сигнала устанавливают начальное напряжение +10 В в контрольной точке 1КТ15, а подстроечным резистором 1R90 — начальное напряжение +9,5 В (порог задержки АРУ селектора каналов) в контрольной точке 1КТ16.

Схема АРУ работает следующим образом. При возрастании сигнала на входе телевизора соответственно увеличивается размах видеосигнала на базе транзистора 1Т10. Синхронизирующие импульсы открывают ключевой каскад, и конденсатор 1С82 заряжается до отрицательного потенциала пропорционально сигналу на входе телевизора. Отрицательное напряжение с верхней обладки конденсатора, будучи приложенным к базе транзистора 1Т11, уменьшает имеющийся на ней положительный потенциал. Это приводит к уменьшению тока через транзистор 1Т11 и создаваемого им падения напряжения на эмиттерной нагрузке, а следовательно, к понижению положительного напряжения на шине АРУ и снижению усиления 1-го каскада УПЧИ.

При увеличении напряжения на входе телевизора до 500—600 мкВ падение напряжения на эмиттерной нагрузке 1Т11 уменьшается до величины, при которой положительное напряжение на катоде диода 1Д11 становится меньше, чем на его аноде, и диод отпирается. С началом проводимости диода 1Д11 нижняя (на схеме рис. III.8) часть переменного резистора 1R90 шунтируется цепью, образованной сопротивлением диода 1Д11 и резистора 1R83, из-за чего напряжение на шине АРУ каскада УВЧ селектора каналов начинает уменьшаться.

Необходимый размах напряжения видеосигнала на выходе эмиттерного повторителя 1Т9 (рис. III.7), который поддерживается схемой АРУ в пределах 2 дБ при изменении сигнала на входе приемника от 250 мкВ до 50 мВ, устанавливается с помощью переменного резистора 1R80. Следует учесть, что малые колебания амплитуды видеосигнала на базе транзистора 1Т10 приводят к большим изменениям напряжения отсечки при выпрямлении импульсов обратного хода строчной развертки. Выпрямление же возможно лишь при совпадении по времени импульсов обратного хода строчной развертки с синхроимпульсами видеосигнала. Этим определяется ключевой характер работы устройства АРУ.

III.9. Как устроена и как работает автоматическая подстройка частоты гетеродина (АПЧГ) телевизора УЛПЦТ-59-II?

Схема АПЧГ обеспечивает высокую разрешающую способность, избирательность, а также правильное цветовоспроизведение при действии различных дестабилизирующих факторов (прогрев телевизора, изменение напряжения питающей электросети, переключение с канала на канал). Она представлена на рис. III.9 и содержит каскады усилителя (транзистор 1Т13), частотного дискриминатора (диоды 1Д7 и 1Д8) и усилителя постоянного тока (транзистор 1Т14).

Сигнал на вход АПЧГ снимается с индуктивности 1L16 фильтра 1Ф8 3-го каскада УПЧИ и через резистор 1R75 и конденсатор 1С65 подается на эмиттер усилительного каскада, собранного на транзисторе 1Т13 типа КТ315А. Каскад выполнен по схеме с общей базой. Транзистор 1Т13 и фильтр дискриминатора АПЧГ собраны на модуле 1Ф10. Питание транзистора осуществляется от источника напряжения +24 В через развязывающую цепочку, состоящую из резистора 1R96 и конденсатора 1С88. Резисторы 1R94 и 1R95 образуют делитель напряжения в цепи базы транзи-

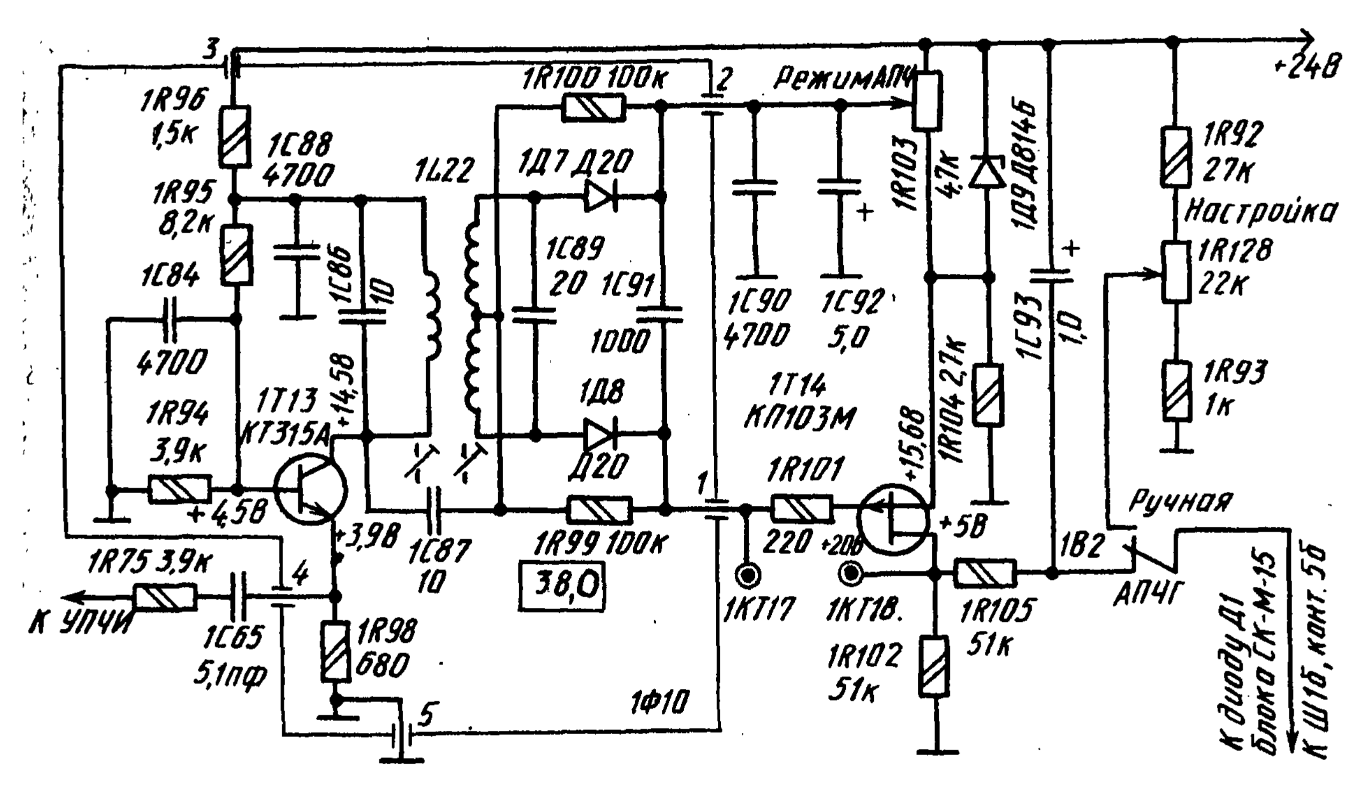


Рис. III. 9. Принципиальная схема АПЧГ телевизора УЛПЦТ-59-II

стора и определяют температурную стабилизацию каскада. Конденсатор 1C84 заземляет базу транзистора по переменному току. Эмиттерной нагрузкой является резистор 1R98, включенный параллельно входному сопротивлению каскада.

Нагрузкой 1-го каскада схемы АПЧГ является частотный дискриминатор. Нагрузками диодов 1Д7 и 1Д8 частотного дискриминатора являются резисторы 1R99 и 1R100. Конденсатор 1C91 подавляет промежуточную частоту на выходе дискриминатора. Индуктивность 1L21 совместно с конденсатором 1C86 и выходной емкостью транзистора 1T13 образуют контур, настроенный на промежуточную частоту 38,0 МГц. Вторичная фазосдвигающаяся обмотка 1L22 с конденсатором 1C89 настраивается на ту же частоту. На среднюю точку индуктивности 1L22 через конденсатор связи 1C87 подается напряжение с первичного контура.

В результате изменеиия частоты гетеродина под воздействием дестабилизирующих факторов на выходе дискриминатора АПЧГ вырабатывается сигнал ошибки (при уменьшении частоты — положительной полярности, при увеличении — отрицательной). Сигнал ошибки подается на затвор полевого транзистора 1T14 типа КП103М. Каскад выполняет функцию усилителя постояниого тока и источника управляющего напряжения, подаваемого на варикап блока СК-М-15 (вопрос III.5). Применение полевого транзистора в этом каскаде вызвано стремлением устранить шунтирование высокоомного выхода дискриминатора АПЧГ.

Питание на исток транзистора 1T14 поступает от источника +24 В через переменный резистор 1R103. Параллельно резистору 1R103 включен стабилитрон 1Д9 типа Д814Б, обеспечивающий стабильное напряжение +11 В на истоке и малое внутреннее сопротивление источника питания для этого каскада. На затвор транзистора напряжение смещения снимается с резистора 1R103 и подается через цепи вторичного контура дискриминатора. С помощью резистора 1R103 устанавливается начальное напряжение +5 В, поступающее на варикап селектора СК-М-15. Конденсаторы 1C90 и 1C92— развязывающие.

На нагрузке стока транзистора 1Т14 (резистор 1R102) выделяется усиленное управляющее напряжение, которое через развязывающую цепочку 1R105 1С93, переключатель 1В2, разъемы Ш1 (контакт 5в) и Ш25 (контакт 5) подается на варикап в блок СК-М-15 для автоматической подстройки частоты гетеродина. При переходе с автоматической подстройки на ручную с помощью переключателя 1В2 напряжение на варикап СК-М-15 поступает с переменного резистора 1R128.

Схема АПЧГ работает следующим образом. Если частота гетеродина блока СК-М-15 не равна номинальной и промежуточная частота изображения отличается от значения 38,0 МГц, на выходе дискриминатора вырабатывается постоянное напряжение — напряжение ошибки. Если оно отрицательное, то транзистор отпирается, ток стока возрастает и падение напряжения на нагрузочном резисторе 1R102 увеличивается. Возросшее управляющее напряжение, приложенное к варикапу в СК-М-15, увеличивает его емкость. Это приводит к уменьшению частоты гетеродина, в результате чего промежуточная частота изображения, уменьшаясь, приблизится к частоте 38,0 МГц. При этом напряжение ошибки уменьшается, стремясь к нулю. При положительном значении напряжения ошибки полевой транзистор запирается, ток стока уменьшается. Напряжение, подаваемое на варикап, уменьшается, а частота гетеродина возрастает. Практически, особенно при большой расстройке частоты гетеродина, напряжение ошибки не может достичь нулевого значения, чтобы остаточная расстройка частоты гетеродина была в пределах, обеспечивающих получение высокой четкости, избирательности и правильного цветовоспроизведения.

III.10. Как устроен канал звукового сопровождения телевизора УЛПЦТ-59/61-II?

В цветных телевизорах УЛПЦТ-59/61-II всех модификаций канал звука содержит трехкаскадный усилитель второй промежуточной частоты сигналов звукового сопровождения (УПЧЗ), дробный детектор и двухкаскадный усилитель низкой частоты (рис. III.10 и III.11), почти не отличающиеся от аналогичных узлов в черно-белых телевизорах. Однако он имеет еще и преобразователь, называемый детектором, для получения сигнала звукового сопровождения разностной промежуточной частоты

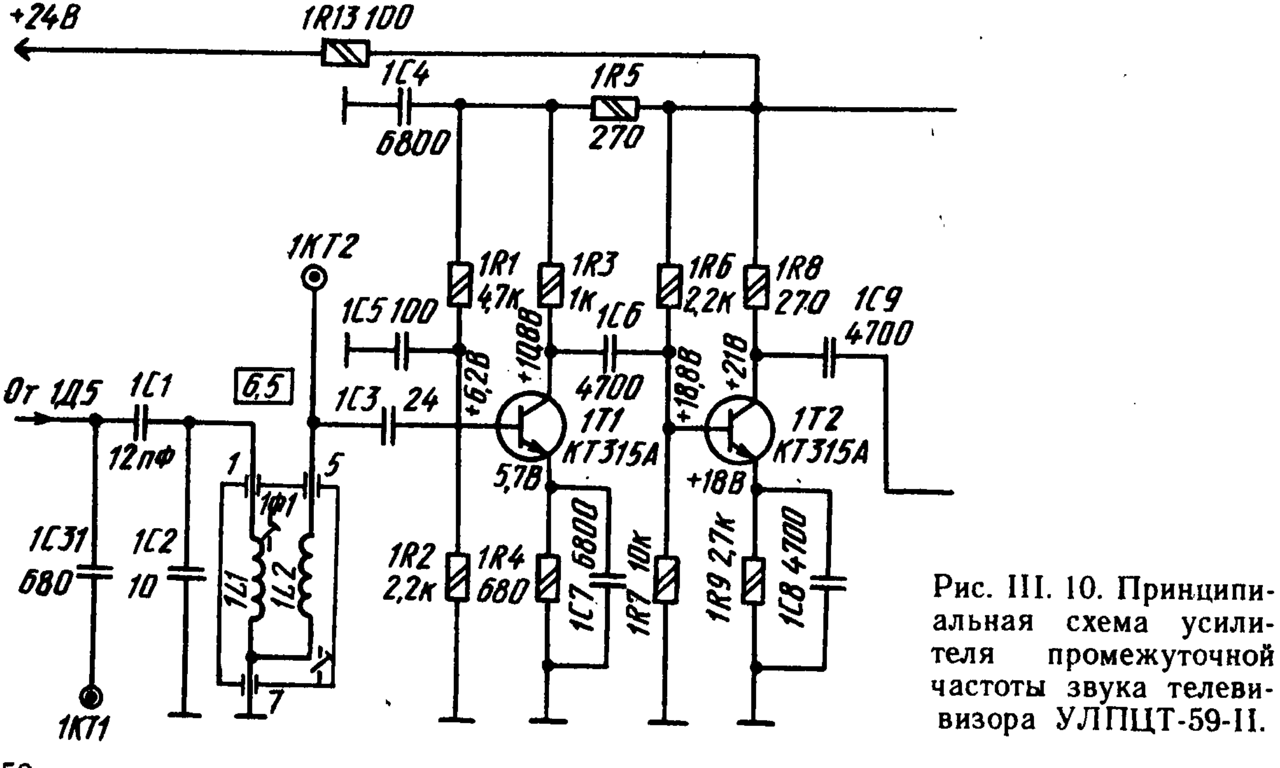


Рис. III. 10. Принципиальная схема усилителя промежуточной частоты звука телевизора УЛПЦТ-59-II.

(6,5 МГц), который в черно-белых телевизорах формируется обычно в видеодетекторе. Наличие преобразователя объясняется тем, что в цветных телевизорах для устранения помех на изображении, возникающих из-за биений между сигналом промежуточной частоты (31,5 МГц) звука и цветовыми поднесущими (также промежуточной частоты), обеспечивают на выходе усилителя промежуточной частоты изображения (УПЧИ) высокую степень режекции сигнала звукового сопровождения (вопрос III.7). В результате его уровень оказывается недостаточным для получения необходимого сигнала разностной частоты. Именно поэтому в цветных телевизорах на диоде 1Д5 имеется детектор разностной частоты, который включен до режекторного контура 1L17 1C70 (рис. III.7).

Принципиальная схема канала звукового сопровождения построена следующим образом. Сигнал второй промежуточной частоты звука 6,5 МГц (разностная частота между несущими частотами изображения 38,0 МГц и звукового сопровождения 31,5 МГц), выделенный диодным смесителем 1Д5 (рис. III.7), через двухконтурный полосовой фильтр 1Ф1 поступает на 1-й каскад УПЧЗ (усилителя промежуточной частоты звука). Нагрузкой диода-смесителя является резистор 1R76, зашунтированный конденсатором 1C58, который отфильтровывает составляющие промежуточных частот изображения и звука. Для предотвращения шунтирования второго контура фильтра 1Ф1 малым входным сопротивлением цепи базы транзистора 1-го каскада УПЧЗ сигнал в ее цепь подается с емкостного делителя напряжения 1C3 1C5.

1-й каскад УПЧЗ собран на транзисторе 1T1 типа КТ315А по схеме с общим эмиттером. Напряжение питания на транзистор поступает от источника +24 В через развязывающую цепочку 1R5 1C4, что препятствует проникновению сигналов с частотой 6,5 МГц в цепь источника напряжения. В эмиттере 1-го каскада установлена цепочка автоматического смещения 1R4 1C7. Резистор 1R3— коллекторная нагрузка.

2-й каскад УПЧЗ выполнен на транзисторе 1T2 типа КТ315А. Схема 2-го каскада аналогична первому, и он также является RC-усилителем разностной частоты. Резистор 1R13 и конденсатор 1C11 образуют развязывающий RC-фильтр, резисторы 1R6 1R7— делитель напряжения базовой

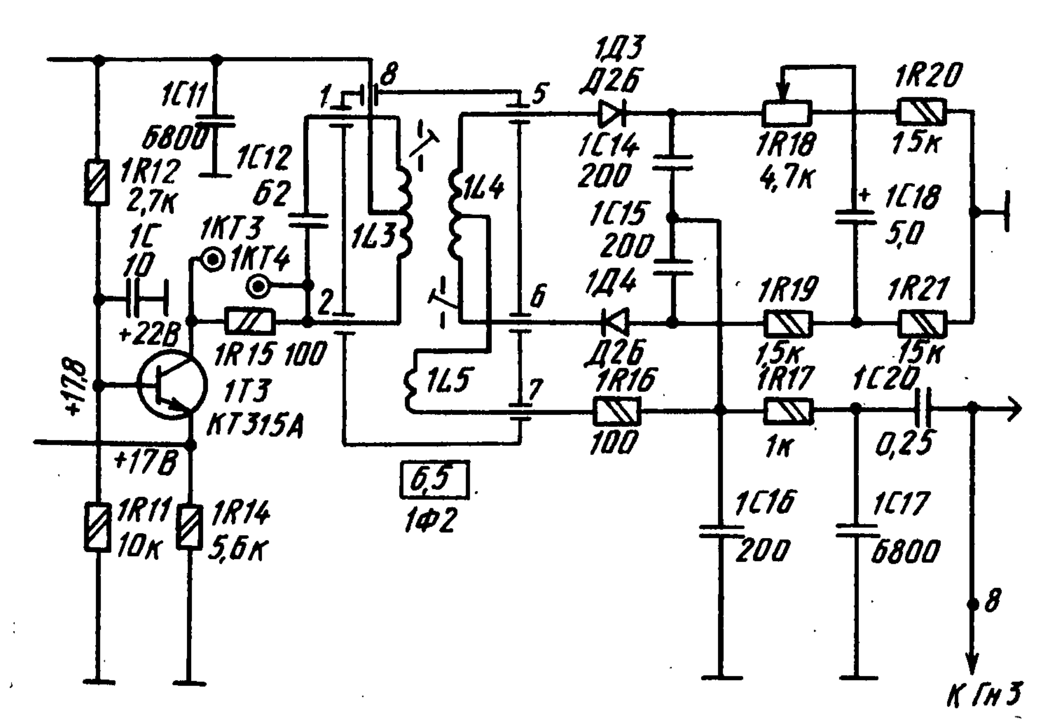


Рис. III. 10. Окончание

цепи, резистор 1R9 и конденсатор 1C8 — цепочку автоматического смещения.

На 3-й каскад УПЧЗ с нагрузки 2-го каскада (резистор 1R8) сигнал ПЧ-звука через конденсатор 1C9 подается на эмиттер транзистора 1Т3 типа КТ315А. Резисторы 1R12 и 1R11 — делители напряжения базовой цепи. Конденсатор 1С10 — блокировочный. Нагрузкой 3-го каскада является двухконтурный фильтр 1Ф2 дробного детектора. Для обеспечения устойчивости работы каскада в режиме максимального усиления в цепь коллектора включен резистор 1R15 и применено неполное включение 1-го контура с 1L3 1C12 фильтра 1Ф2. Второй контур фильтра 1Ф2, состоящий из индуктивности 1L4 и конденсатора 1С13, питает детекторные диоды 1Д3 и 1Д4 типа Д2Б, включенные по симметричной схеме. Резисторы 1R18 и 1R19 симметрируют плечи, поэтому резистор 1R18 выполняется переменным. Резисторы 1R20 и 1R21 являются нагрузочными. Конденсаторы 1С14 и 1С15 шунтируют нагрузки на частоте 6,5 МГц. С точки их соединения снимается напряжение, соответствующее низкочастотному сигналу, модулирующему по частоте несущую звука. Резистор 1R16 и конденсатор 1С16 сглаживают пиковые значения токов диодов. Цепочка 1R17 1С17 служит для обратной коррекции верхних частот модулирующих сигналов, которые подняты для улучшения отношения сигнал/шум.

Сигнал звуковой частоты через конденсатор 1С20 и разъем Ш1 (контакт 8в) поступает на регулятор громкости 7R17, расположенный в блоке управления (рис. III.3). С регулятора громкости сигнал через тот же разъем (контакт 7в) и цепочку 1R37 1С19 подается на вход двухкаскадного УНЧ (рис. III.11).

1-й каскад УНЧ собран на транзисторе 1Т4 типа КТ315А и выполняет функцию усилителя напряжения. Питание транзистора производится от

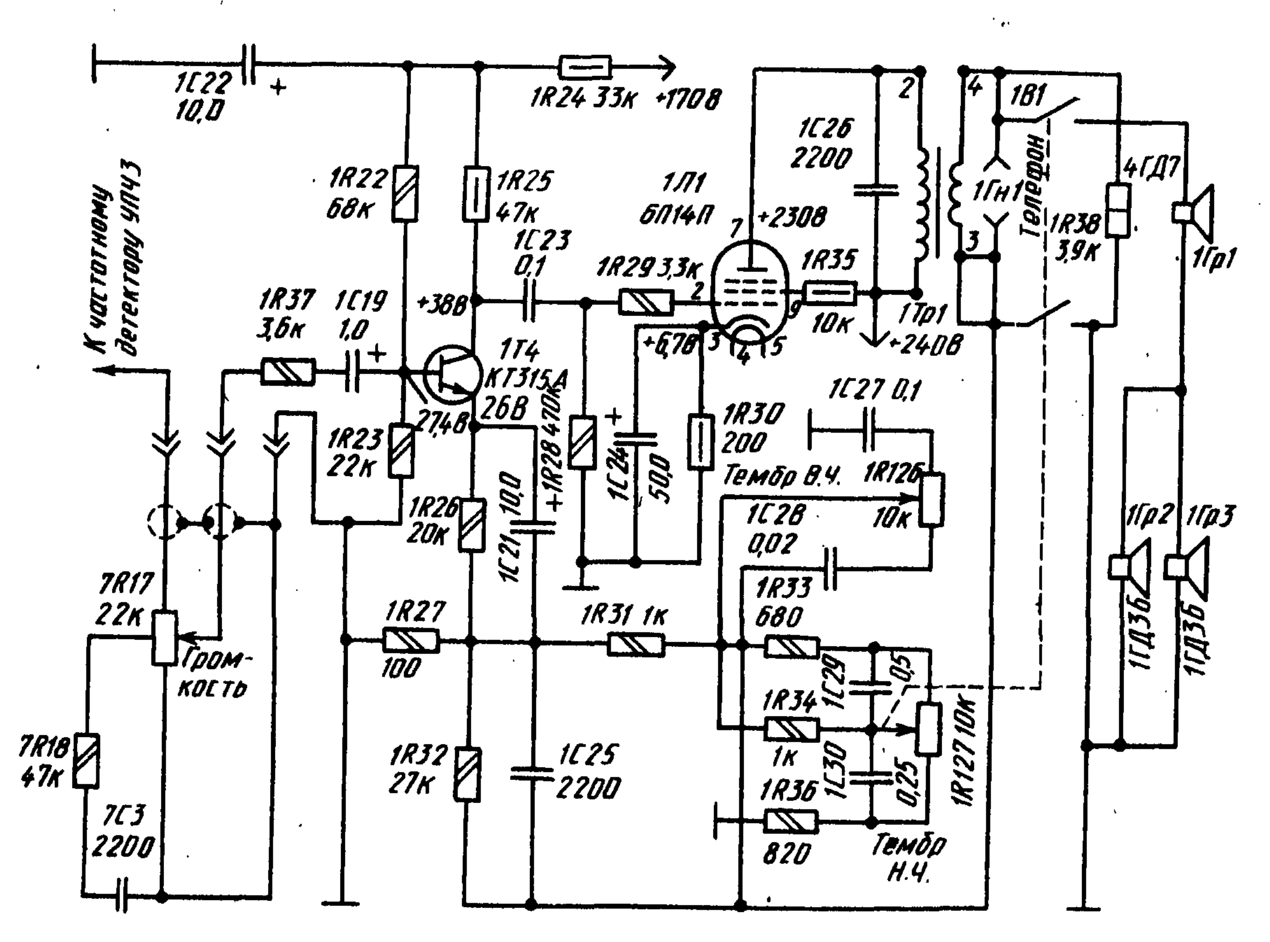


Рис. III.11. Принципиальная схема усилителя низкой частоты телевизора УЛПЦТ-59-II

источника напряжения +170 В через гасящую и развязывающую цепочку 1R24 1C22. Резистор 1R26 и конденсатор 1C21 образуют автоматическое смещение в цепи эмиттера. Этот резистор совместно с делителем напряжения в базовой цепи 1R22, 1R23 служит для температурной стабилизации каскада. Резистор 1R27 создает отрицательную обратную связь по току. Параллельно резистору 1R27 через резисторы 1R31, 1R32 и конденсатор 1C25 (цепочка коррекции средних частот) включены две цепи, образующие частотнозависимую обратную связь со вторичной обмотки трансформатора 1Тр1: низкочастотная (1R33 1R34 1R36 1R127 1C29 и 1C30) и высокочастотная (1R126 1C27 и 1C28). Изменение величины этой частотнозависимой обратной связи производится при помощи резисторов 1R126 и 1R127, что позволяет осуществлять необходимую регулировку тембра. Элементы цепей регулировки тембра подобраны таким образом, что усиление на средней частоте (1000—1500 Гц) при регулировке тембра остается неизменным.

С нагрузочного резистора 1R25 через конденсатор 1C23 усиленное напряжение подается на управляющую сетку 2-го каскада УНЧ, выполненного на лампе 1Л1 типа 6П14П. Резистор 1R29— антипаразитный (устраняет самовозбуждение усилителя). Резистор 1R30 и конденсатор 1C24 образуют цепочку автоматического смещения в катоде лампы. Питание каскада осуществляется от напряжения +240 В. Анодной нагрузкой лампы является выходной трансформатор звука 1Тр1 типа ТВЗ-1-1. Вторичная обмотка трансформатора нагружена на две динамические головки типа 1ГД36 и одну головку 4ГД7 (4ГД36). Соединение вторичной обмотки с динамическими головками производится через разъем Ш1 (контакты 1а и 1в) и разъем Ш2, установленный в блоке управления. В телевизоре предусмотрена возможность отключения динамических головок и прослушивание звукового сопровождения на головные телефоны. Для этого на блоке радиоканала имеются гнезда «Телефон» (1Гн1), соединенные со вторичной обмоткой трансформатора 1Тр1. Головки при этом отключаются при помощи выключателя 1В1, спаренного с регулятором тембра низких частот 1R127.

III.11. Как устроен амплитудный селектор синхроимпульсов в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II?

Амплитудный селектор синхроимпульсов (рис. III.12) состоит из усилительного каскада на полевом транзисторе 1Т15 типа КП103Ж, каскада-селектора на транзисторе 1Т16 типа КТ315Г и эмиттерного повторителя кадровых синхроимпульсов на транзисторе 1Т17 типа МП25Б. Видеосигнал отрицательной полярности размахом 1 В от уровня черного до уровня белого с эмиттера транзистора 1Т9 1-го каскада усилителя яркостного канала (рис. III.7) подается на затвор транзистора 1Т15 через элементы 1R77, 1R106, 1R112, 1C79, 1C94. Резистор 1R77 устраняет влияние входной емкости селектора на частотную характеристику эмиттерного повторителя 1Т9 в области высших частот видеосигнала. Конденсатор 1C79 совместно с резистором 1R112 образует цепочку автоматического смещения с большой постоянной времени. Цепочка 1R106 1C94 с малой постоянной времени служит для подавления кратковременных импульсных помех. Через резистор 1R112 на затвор транзистора 1Т15 подано отрицательное смещение, благодаря чему транзистор открыт для самых слабых сигналов. Питание на транзистор 1Т15 подается в цепь истока. Для этого используется стабилизированное напряжение +12 В, снимаемое со стабилитрона 7Д1 в блоке управления через разъем Ш1 (контакт 2а).

Каскад на транзисторе 1Т15 должен обеспечить максимальное усиление синхроимпульсов до их поступления на селектор, а также усилить

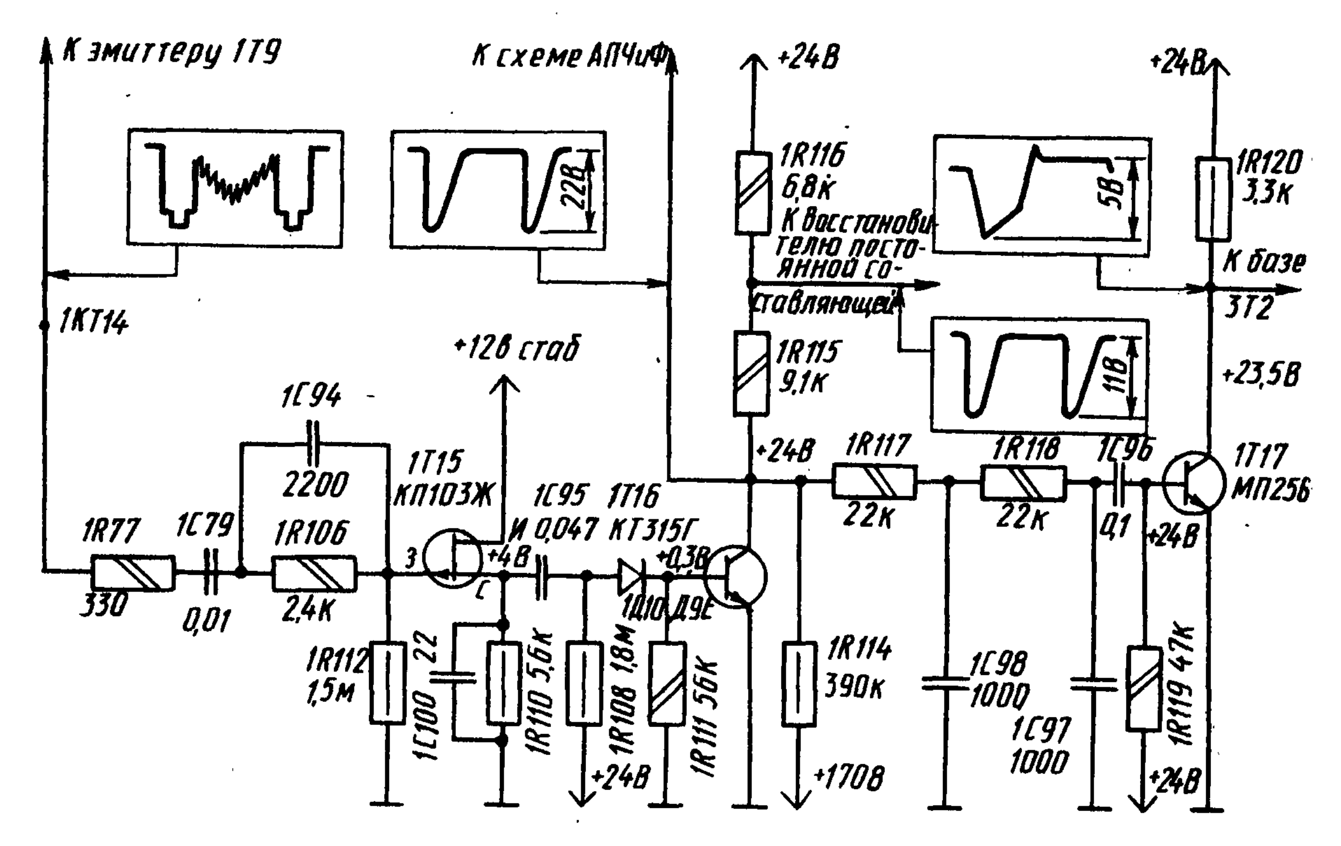


Рис. III. 12. Принципиальная схема амплитудного селектора синхроимпульсов телевизора УЛПЦТ-59-II

полный телевизионный сигнал с частичным ограничением его со стороны белого и привязкой к уровню вершин синхроимпульсов.

В момент прохождения синхроимпульсов возникает ток затвора, заряжается конденсатор 1С79. При этом положительное напряжение смещения сдвигает рабочую точку на сток-затворной характеристике транзистора 1Т15 вправо так, что только вершины синхроимпульсов входят в область тока затвора. В период между синхроимпульсами конденсатор 1С79 через резистор 1R112 медленно разряжается в цепь истока.

С нагрузки усилителя-ограничителя (резистор 1R110) усиленный видеосигнал, в котором синхроимпульсы амплитудой 1 В имеют положительную полярность, подается через конденсатор 1С95 и односторонний диодный ограничитель 1Д10 на базу транзистора 1Т16. Каскад селектора работает в режиме усиления и ограничения синхроимпульсов. Вершины синхроимпульсов ограничиваются за счет насыщения коллекторного тока, а гасящие импульсы и остатки видеосигнала — за счет отсечки коллекторного тока. Для получения требуемой амплитуды синхроимпульсов (около 25 В) на выходе селектора коллектор транзистора 1Т16 через резистор 1R114 подключен к источнику напряжению + 170 В.

Коллекторная нагрузка транзистора 1Т16 составлена из двух последовательно соединенных резисторов 1R115 и 1R116. Усиленные синхронизирующие импульсы со всей коллекторной нагрузки (непосредственно с коллектора транзистора 1Т16) поступают на схему автоматической подстройки частоты и фазы строчной развертки через разъем Ш7 (контакт 8а) и разъем Ш8 (контакт 4в). С части коллекторной нагрузки (резистор 1R116) строчные синхронизирующие импульсы снимаются на схему привязки уровня черного в яркостном канале (вопрос III. 16). Для отделения из общей синхросмеси кадровых синхронизирующих импульсов применена двойная интегрирующая цепочка 1R117 1С98 и 1R118 1С97. Далее через конденсатор 1С96 кадровые синхроимпульсы поступают в цепь базы эмиттерного повторителя, выполненного на транзисторе 1Т17. Питаиие на эмит-

тер транзистора подается от источника напряжения +24 В. Коллектор транзистора заземлен. С эмиттерной нагрузки (резистор 1R120) кадровые синхроимпульсы отрицательной полярности подаются на схему задающего генератора кадровой развертки через разъемы Ш7 и Ш8 (контакт 4а, рис. III.2, а).

III.12. Как устроен и работает канал яркости в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II?

Канал яркости состоит из четырех каскадов. 1-й собран на транзисторе 1Т9 и расположен в блоке радиоканала (рис. III.7), а три последующие выполнены на транзисторах 2Т4, 2Т5, лампе 2Л1 и расположены на плате блока цветности (рис. III.13).

Полный видеосигнал с эмиттерного повторителя 1Т9 через разъем Ш9 (контакт 8) и делитель напряжения, состоящий из резисторов 2R24 2R26, подается на эмиттер транзистора 2Т4 типа КТ315А, включенного по схеме с общей базой. Резистор 2R28 и конденсатор 2С9 корректируют суммарные фазовые искажения в области низких частот в тракте радиоканала. Режим транзистора 2Т4 по постоянному току определяется базовым делителем напряжения 2R22 2R23 и 2С11. Конденсатор 2С11 блокирует базу на корпус по переменной составляющей. Нагрузкой каскада являются резисторы 2R25 и 2R27, величины сопротивлений которых выбраны из условия согласования линии задержки 2Л3-1. При помощи дросселя 2Др2 осуществляется необходимая коррекция формы частотной характеристики в области высоких частот.

Выход линии задержки соединяется непосредственно с базой транзистора 2Т5 типа КТ315А, выполняющего роль эмиттерного повторителя. Поэтому сигнал на 3-й каскад поступает с выхода линии задержки 2Л3-1 без потери постоянной составляющей. Высокое входное сопротивление такой схемы и малая входная емкость улучшают согласование линии задержки 2Л3-1, а низкое выходное сопротивление делает возможной установку регулятора контрастности 7R8а на передней панели телевизора. Нагрузкой каскада являются резисторы 2R31, 7R8а и 7R9 (7R8а и 7R9 находятся в блоке управления, соединение с которыми производится через разъем Ш16). Переменный резистор 2R31 — подстроечный, предназначается для установки требуемых пределов регулировки контрастности. Конденсатор 2С13 служит для коррекции частотной характеристики в области высоких частот. Питание транзисторных каскадов 2Т4 и 2Т5 осуществляется напряжением +13 В, которое стабилизируется при помощи стабилитрона 2Д3 типа Д814Д.

С регулятора контрастности 7R8а яркостный видеосигнал через разделительный конденсатор 2С14 подается на управляющую сетку лампы 2Л1 типа 6Ж52П оконечного каскада, где осуществляется регулировка яркости и «привязка к уровню черного», то есть фиксация уровня черного с помощью управляемой схемы восстановления постоянной составляющей видеосигнала (вопрос III.16).

Для регулировки яркости смещение на управляющей сетке лампы 2Л1 изменяется при помощи переменного резистора 7R13. Регулятор яркости размещен в блоке управления и соединяется со схемой канала яркости через разъемы Ш1 (контакт 5а) и Ш9 (контакт 7). Резистор 7R13 включен в одно из плеч делителя, образованного резисторами 2R18, 2R19, 2R29 и 2R53. Переменный резистор 2R18 — подстроечный, он определяет пределы регулировки яркости. Подаваемое через резистор 2R53 отрицательное напряжение исключает возможность перегрузки лампы 2Л1, на сетку которой при отсоединении резистора 7R13 подается положительное напряжение (отрицательное по отношению к катоду).

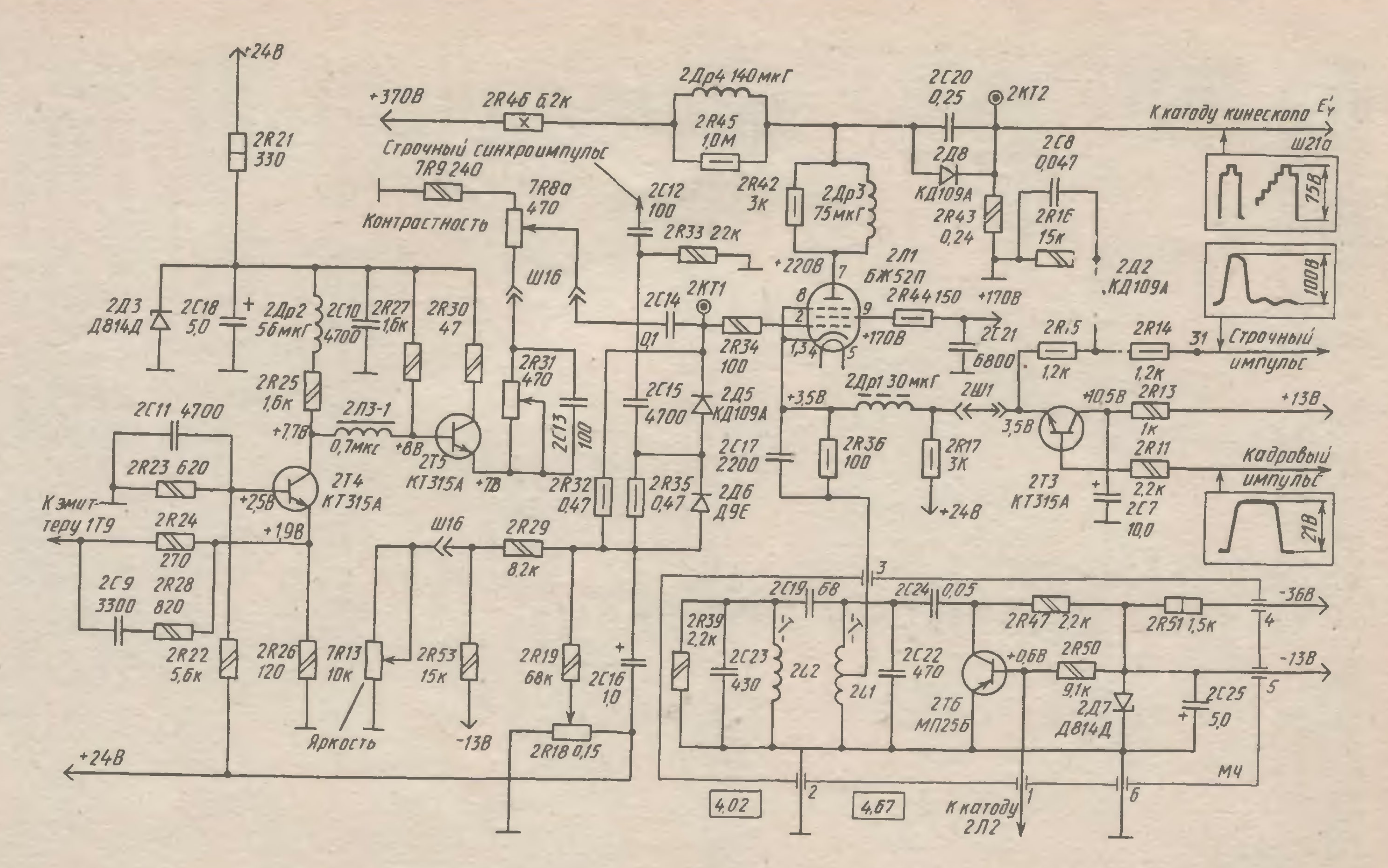


Рис. III. 13. Принципиальная схема канала яркости телевизора УЛПЦТ-59/61-II

Рис. II. 3. Статическое рассовмещение лучей

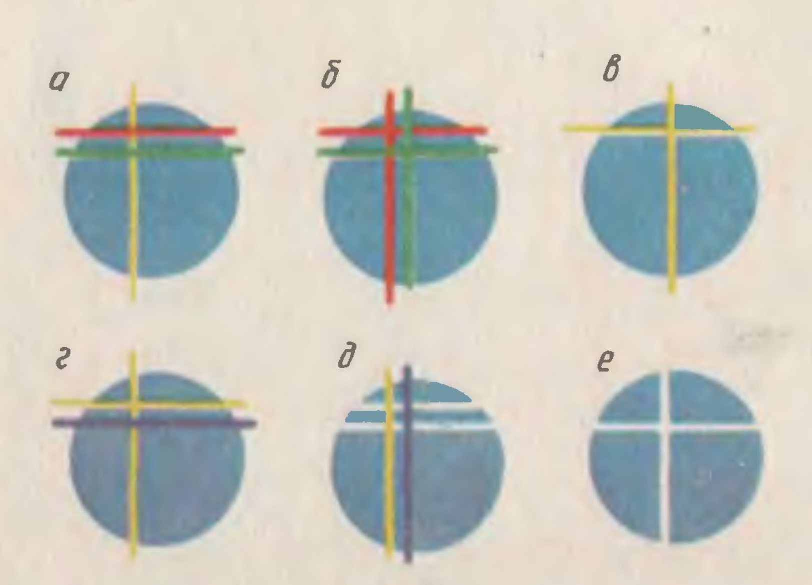


Рис. II. 5. Иллюстрация процесса регулировки статического сведения

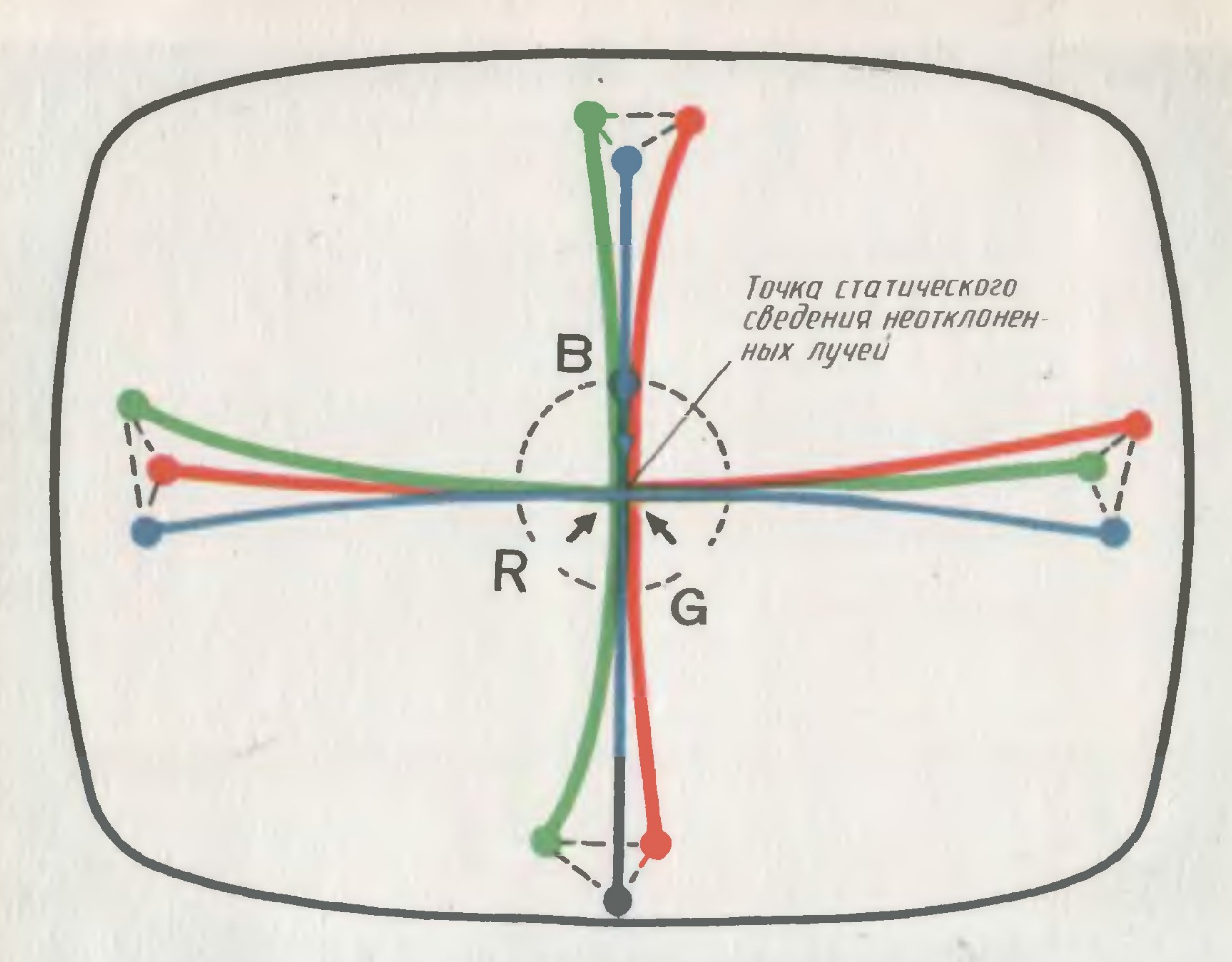


Рис. II.6. Рассовмещение центральных вертикальной и горизонтальной линий при отсутствии динамического сведения лучей

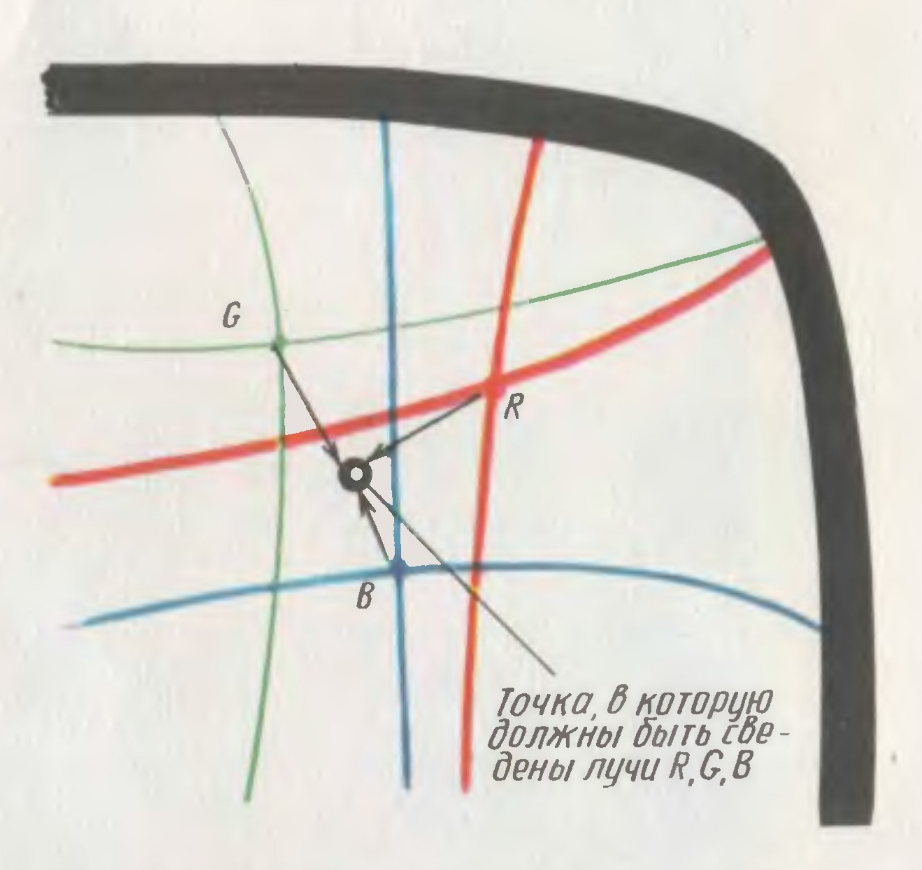


Рис. II.7. Направления динамического совмещения для красного, зеленого и синего лучей

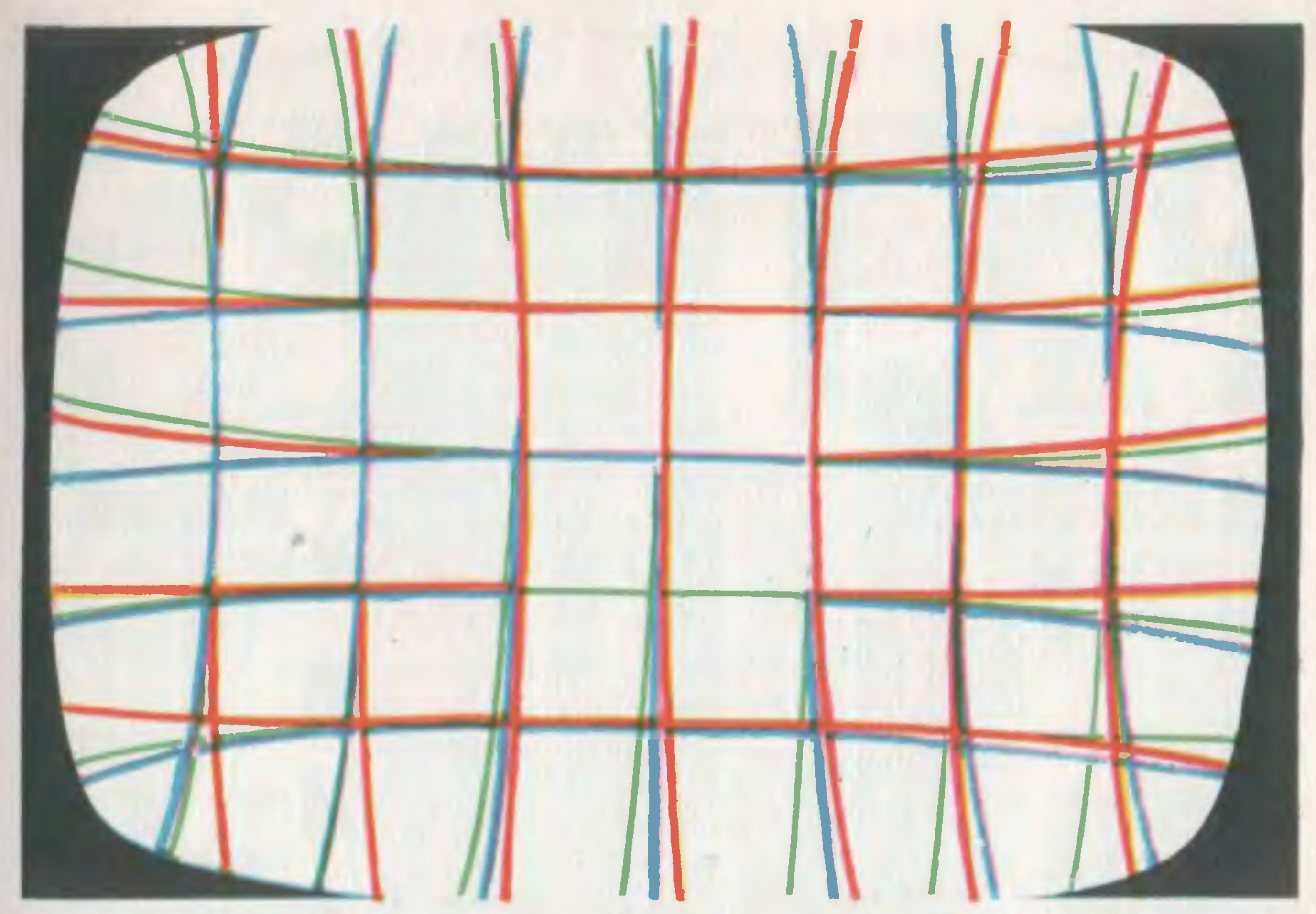


Рис. II. 10. Статически сведенный, но динамически разведенный растр (сигнал «Сетчатое поле»)

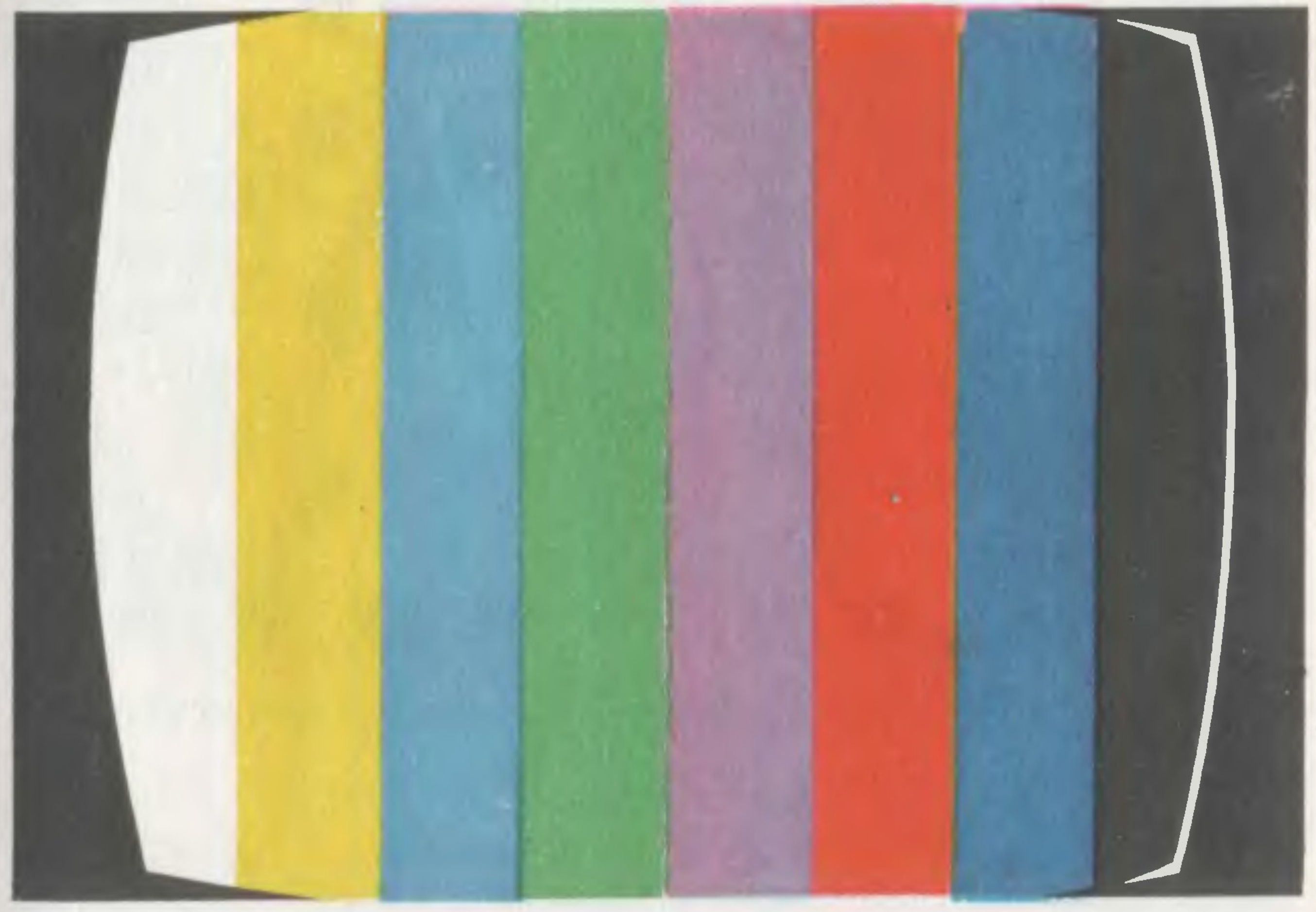


Рис. II. 18. Изображение сигнала генератора цветных полос (ГЦП)

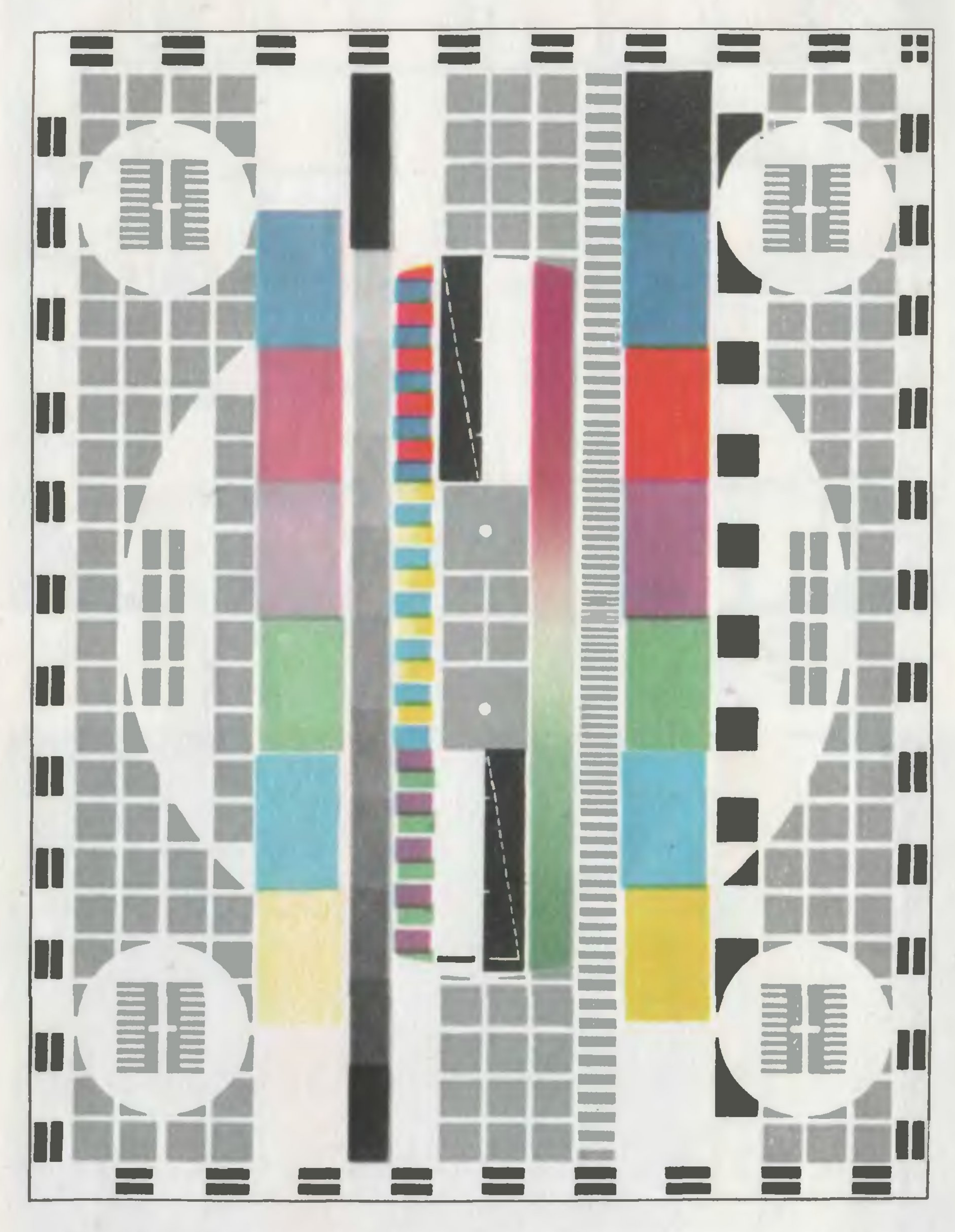


Рис. II. 14. Универсальная электрическая испытательная таблица (УЭИТ)

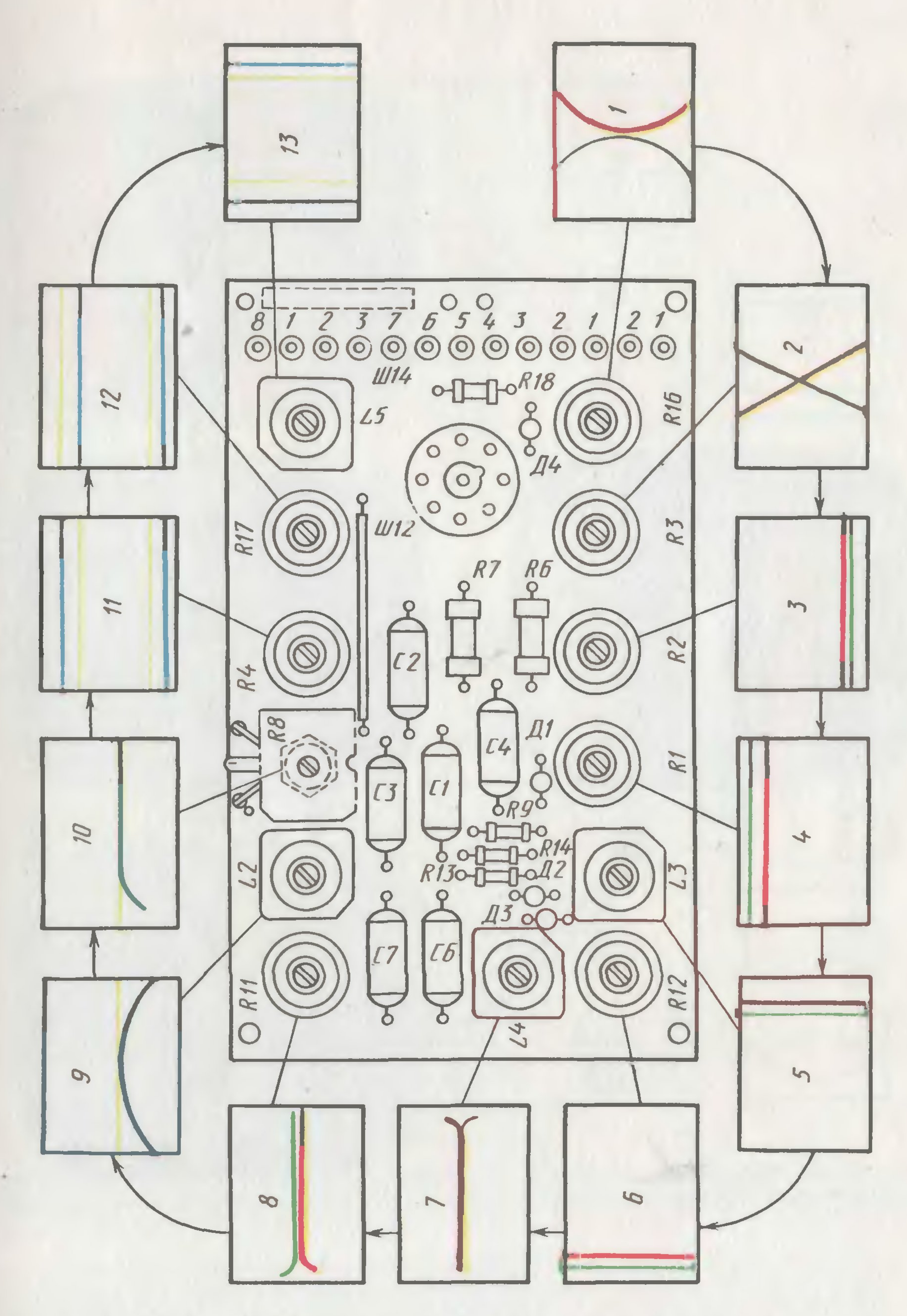


Рис. II.15. Расположение органов регулировки на блоке сведения телевизора УЛПЦТ-59/61-II (цифры в квадратах показывают последовательность регулировки)

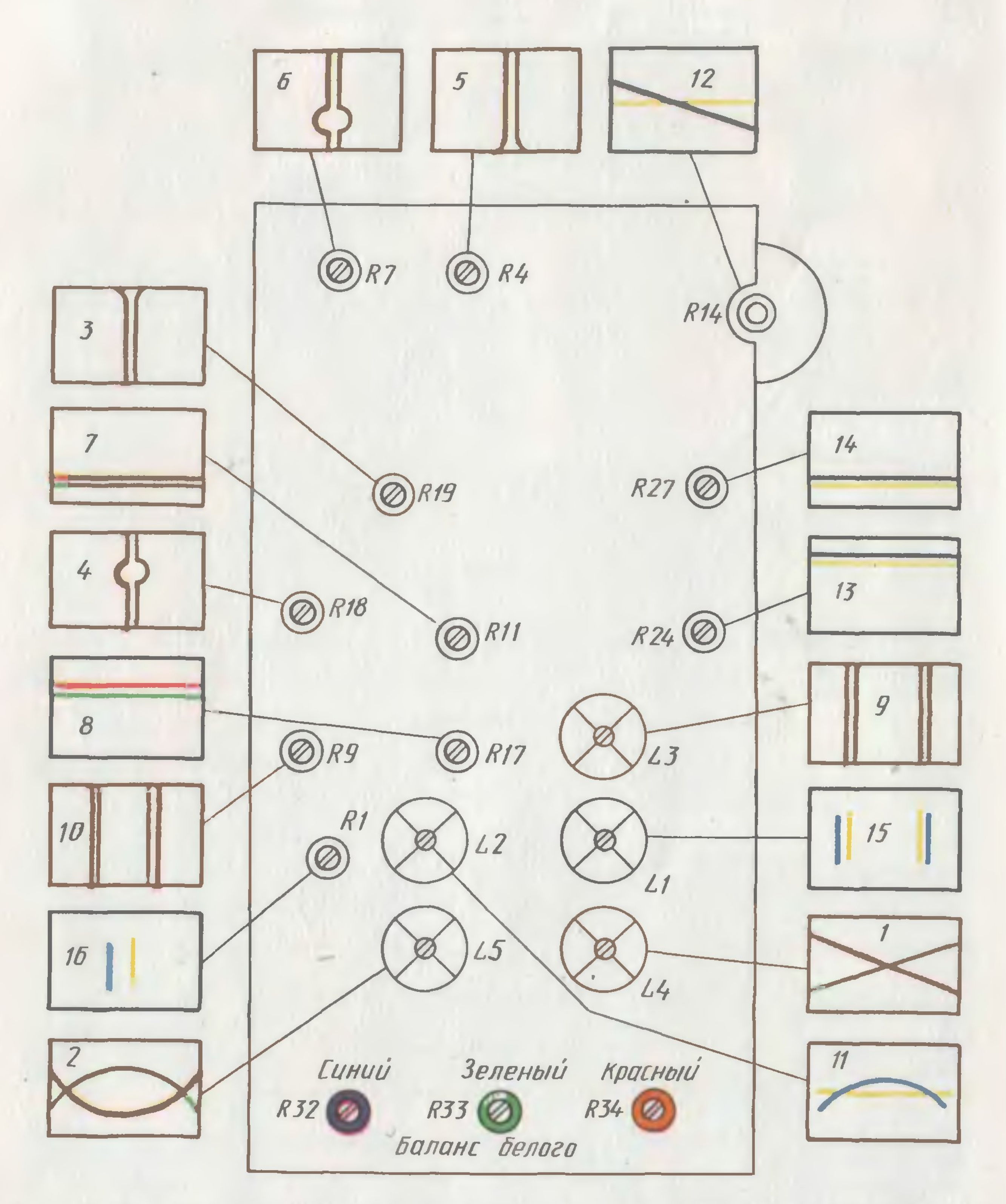


Рис. II.16. Расположение органов регулировки на блоке сведения телевизора УПИМЦТ-61-II (цифры в квадратах показывают последовательность регулировки)

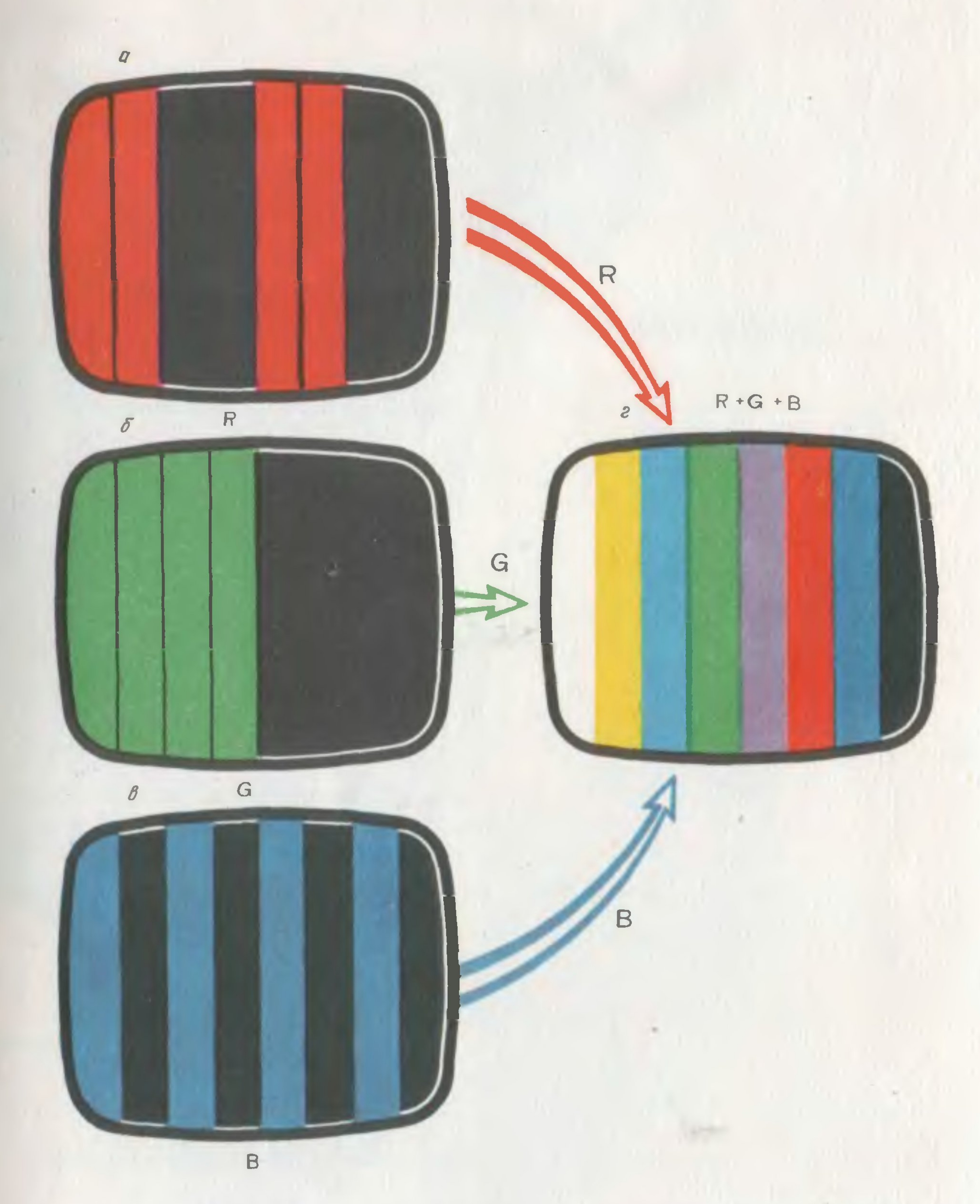


Рис. II. 19. Изображения сигналов формирования цветных полос на экране:

а — прямоугольных импульсов красного; *б* — зеленого; *в* — синего; *г* — результат сложения импульсов красного, зеленого и синего

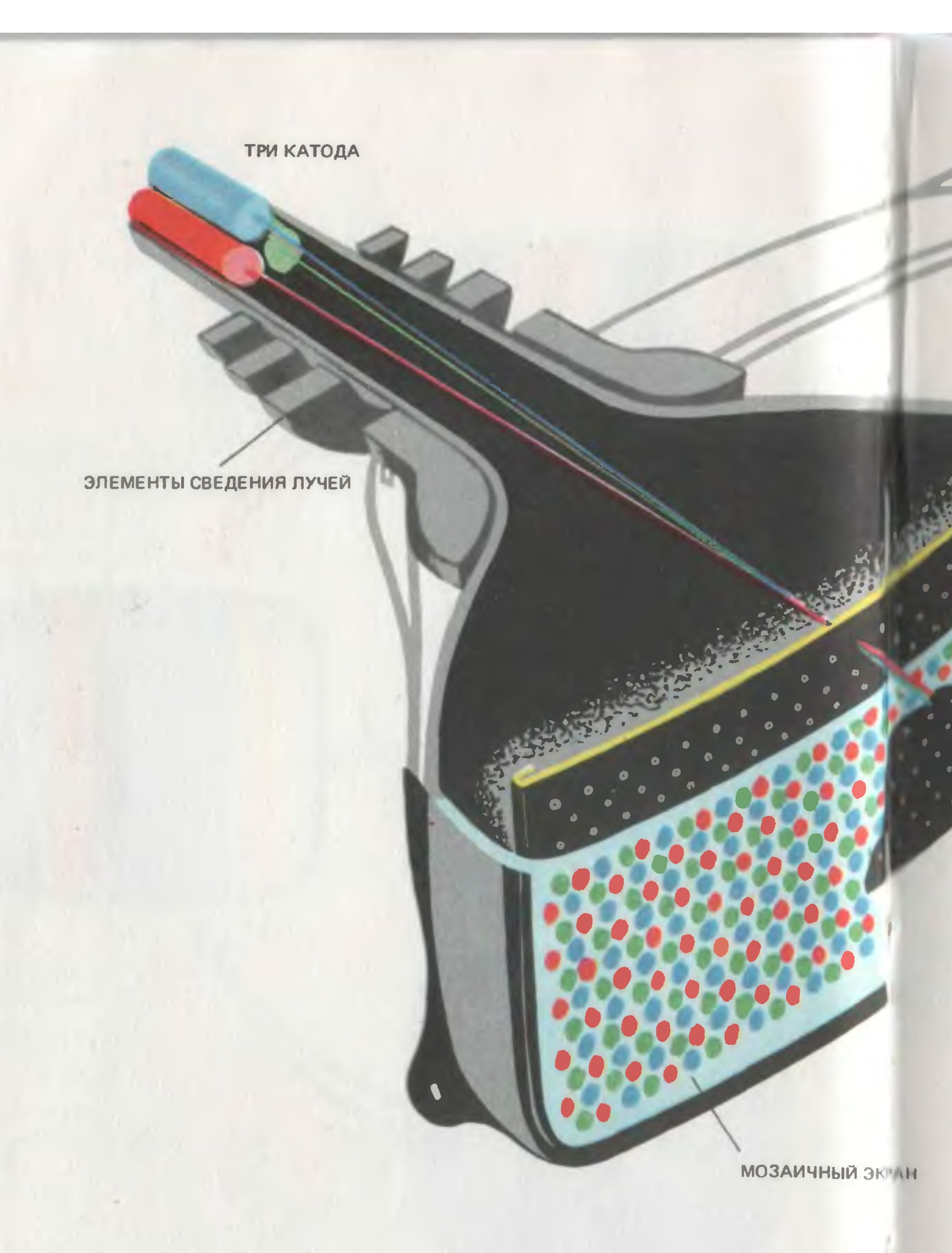
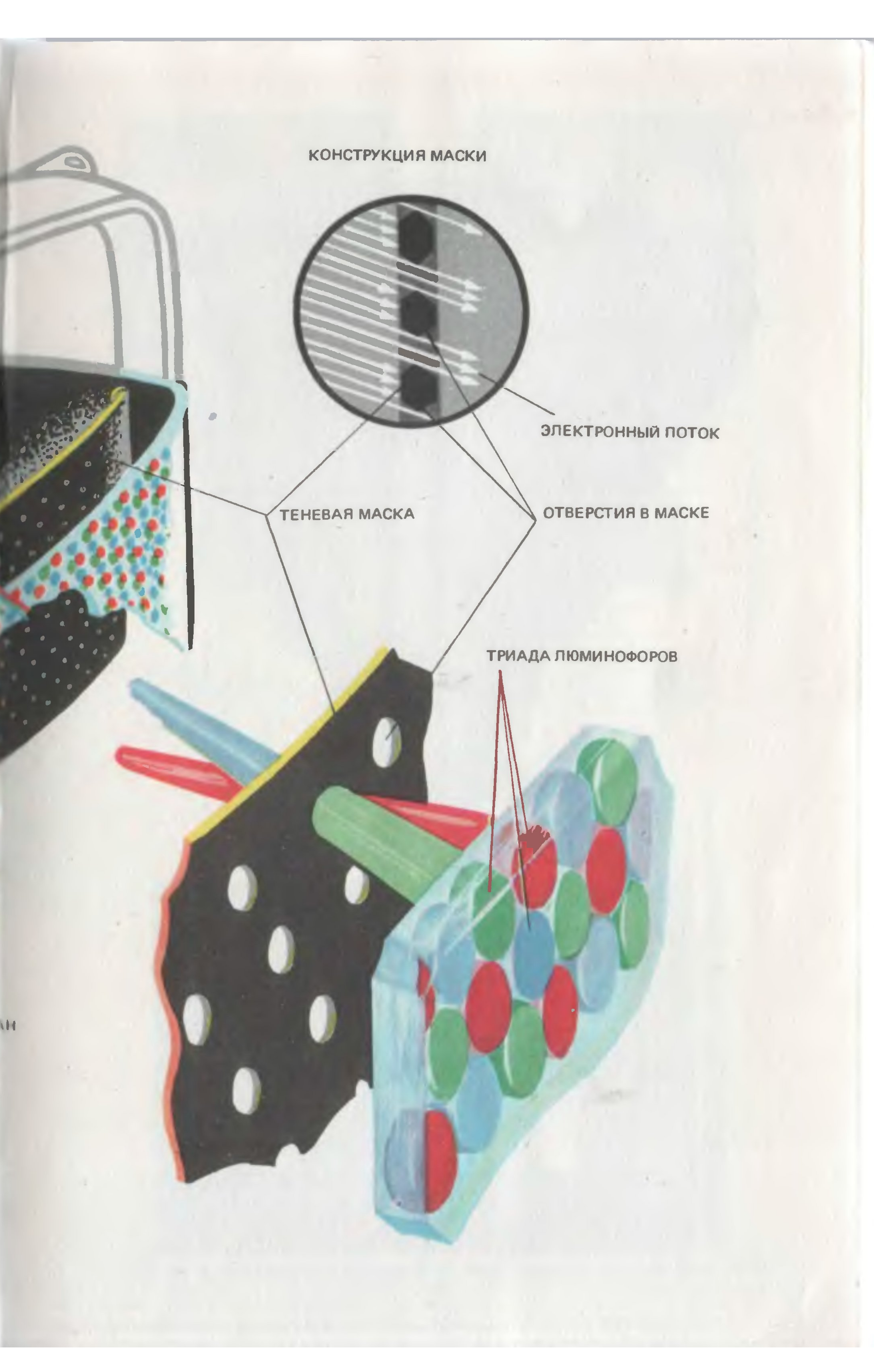


Рис. III. 40. Устройство трехлучевого масочного кинескопа


КОНСТРУКЦИЯ МАСКИ
ЭЛЕКТРОННЫЙ ПОТОК
ТЕНЕВАЯ МАСКА
ОТВЕРСТИЯ В МАСКЕ
ТРИАДА ЛЮМИНОФОРОВ

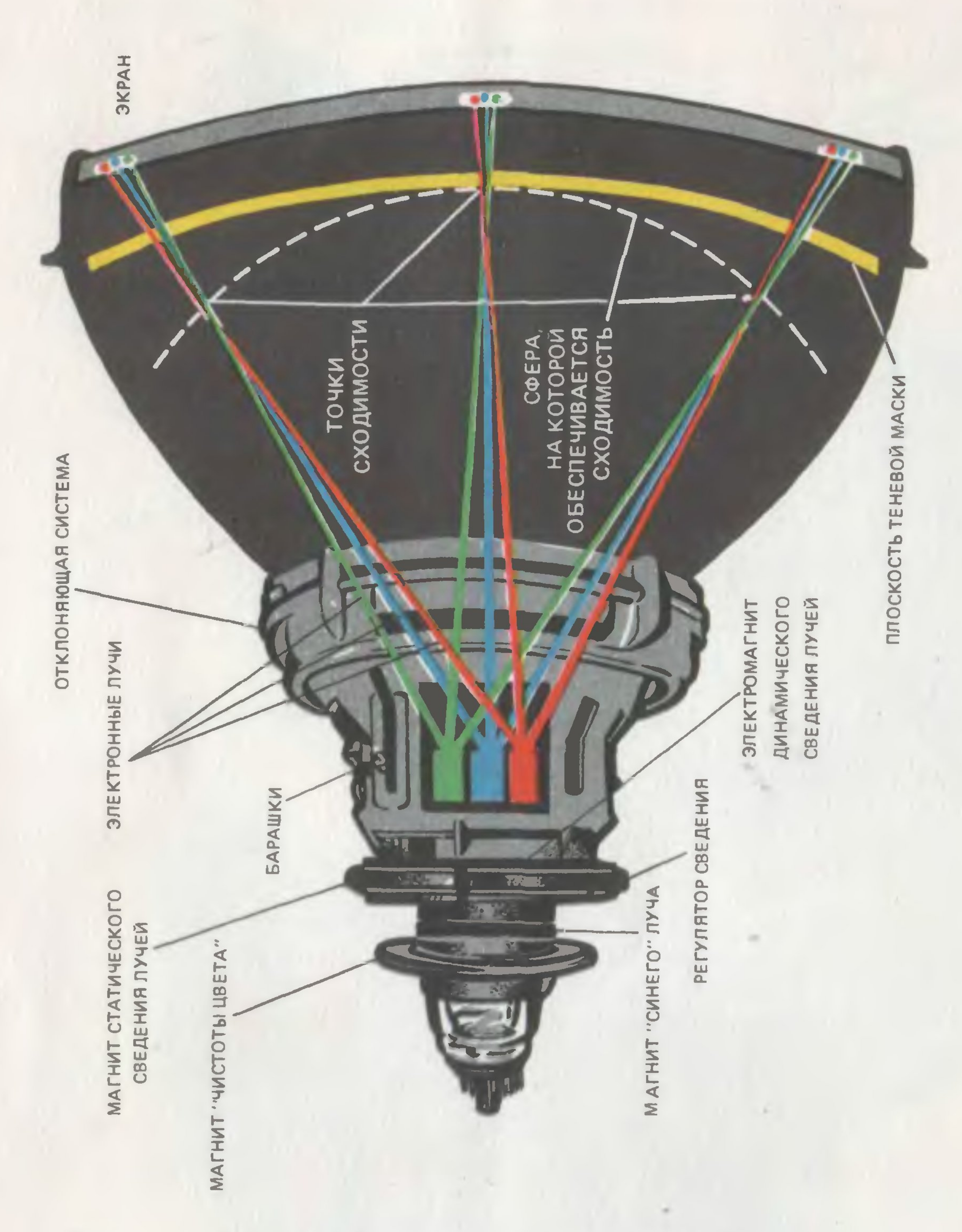


Рис. III.41. Расположение узлов и деталей на горловине трехлучевого масочного кинескопа

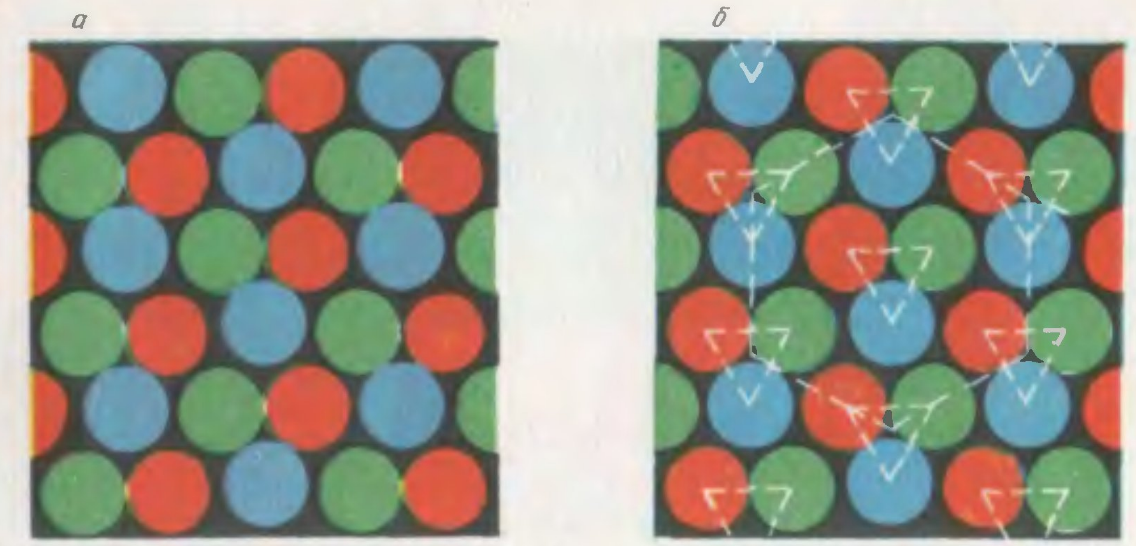


Рис. III. 42. Мозаичная структура экрана масочного кинескопа со стороны: *а* — прожектора; *б* — наблюдателя

Видимые волны

780 нм

380 нм

Радиоволны | Инфракрасные лучи | Ультрафиолетовые лучи | Рентгеновские лучи | Гамма лучи

λ 30м, 3м, 3см, 300мк, 3мк, 30нм, 0,3нм

f 1, 10^2, 10^4, 10^6, 10^8, 10^{10}, 10^{12}, 10^{14}, 10^{16} МГц

Электромагнитные волны

Рис. V. 1. Спектр электромагнитных волн

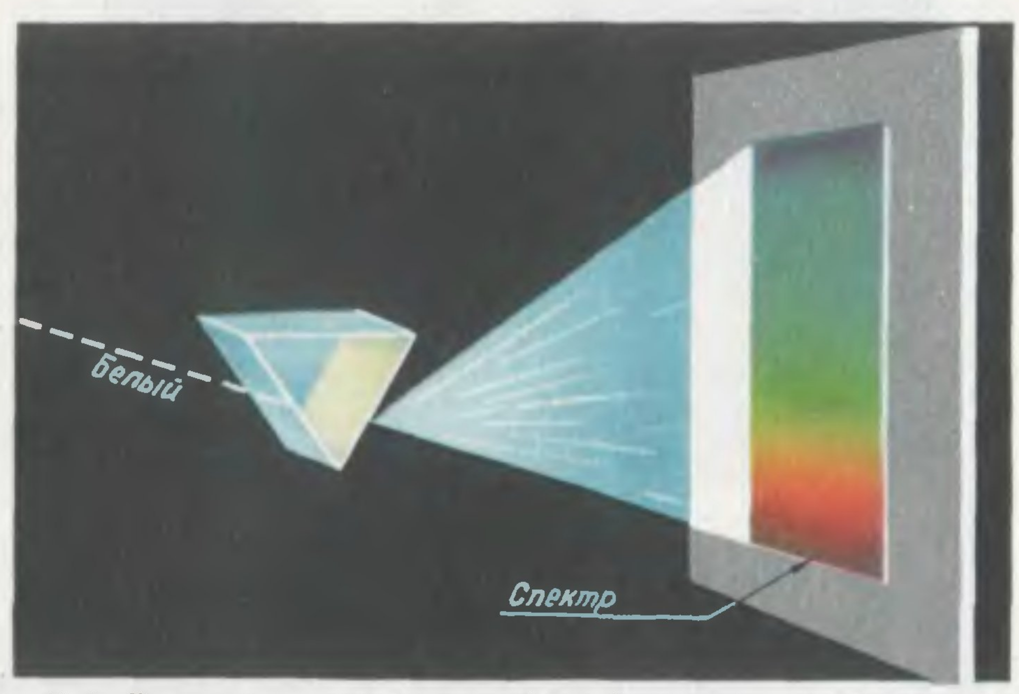


Рис. V. 2. Разложение солнечного (белого) света на спектральные цвета

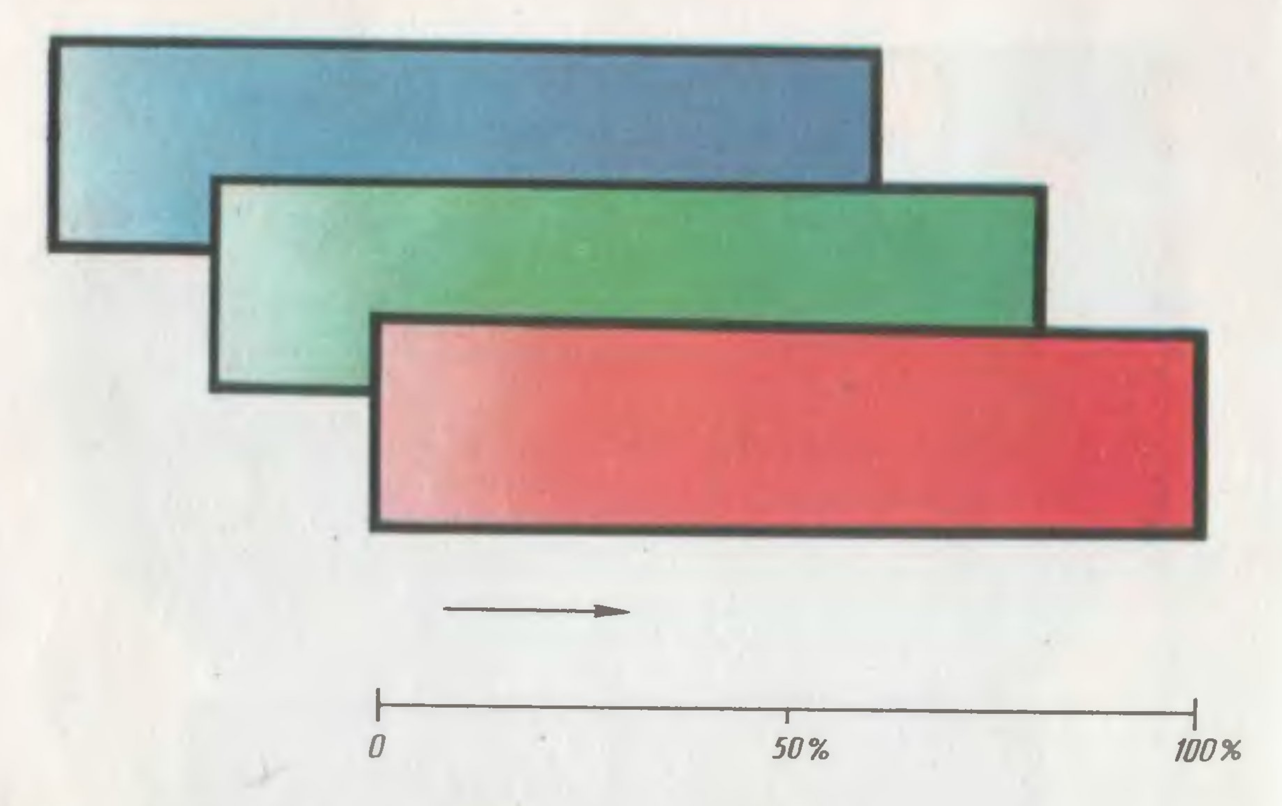


Рис. V. 4. Изменение соотношения между белой и окрашенной поверхностями (шкала насыщенности)



Рис. V. 6. Иллюстрация аддитивного способа смещения трех основных цветов

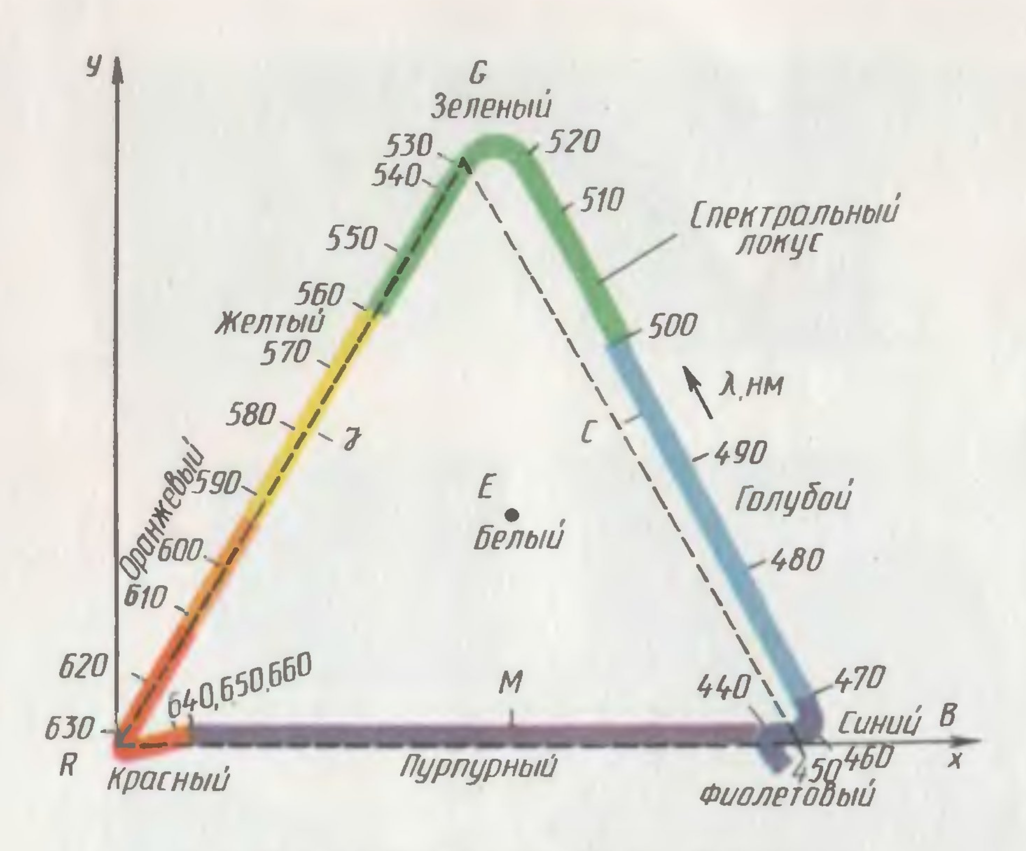


Рис. V. 7. Цветовой треугольник Максвелла

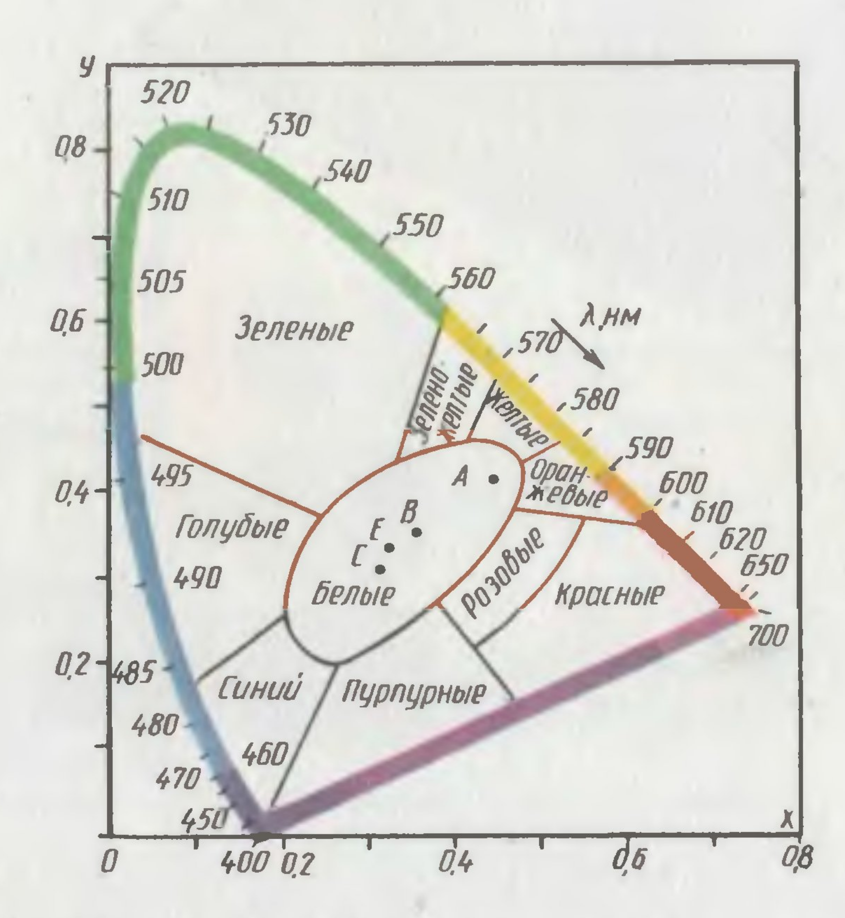


Рис. V. 10. Спектральный локус и области цветового графика в системе XYZ (XOY)

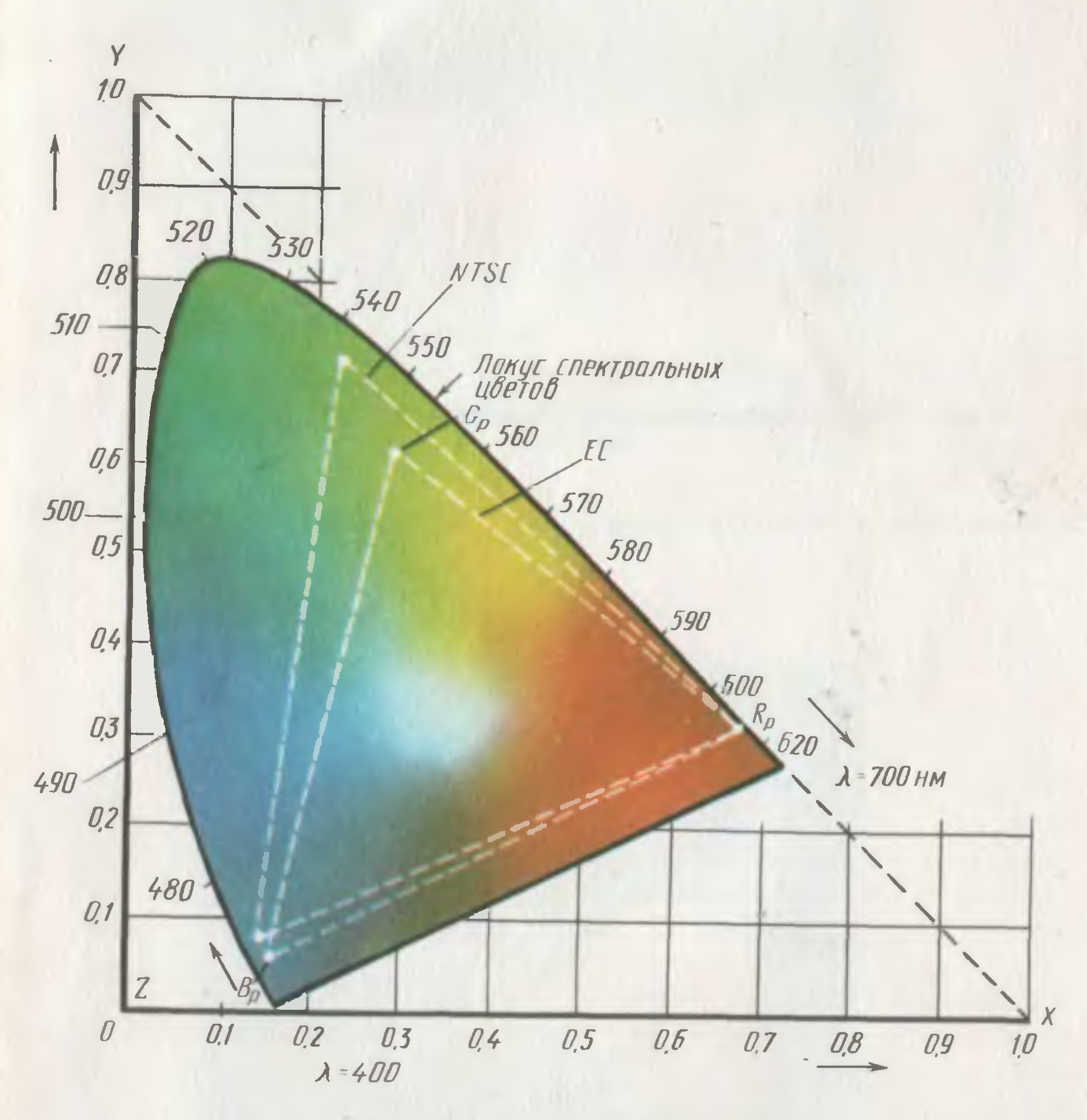


Рис. V.11. Цветовой график



Рис. VI. 1. Цветоделенные изображения

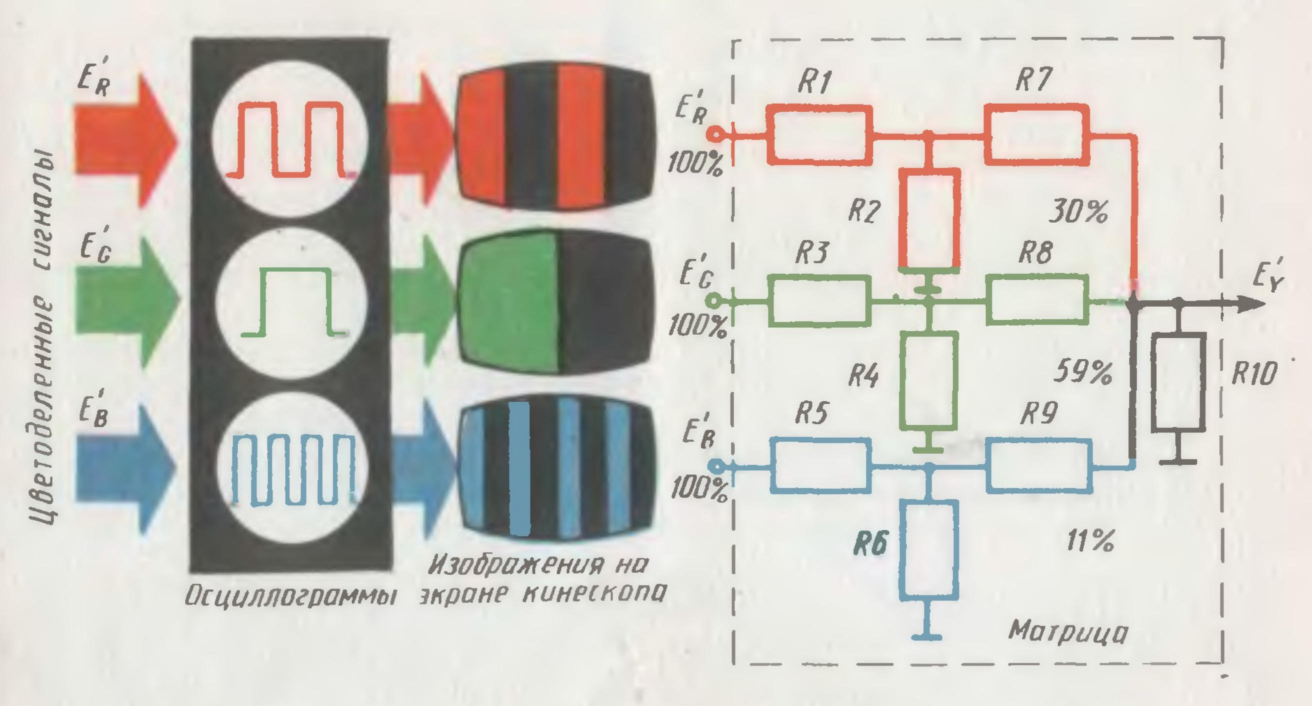


Рис. VI.8. Формирование яркостного сигнала E'_Y с помощью пассивной матрицы

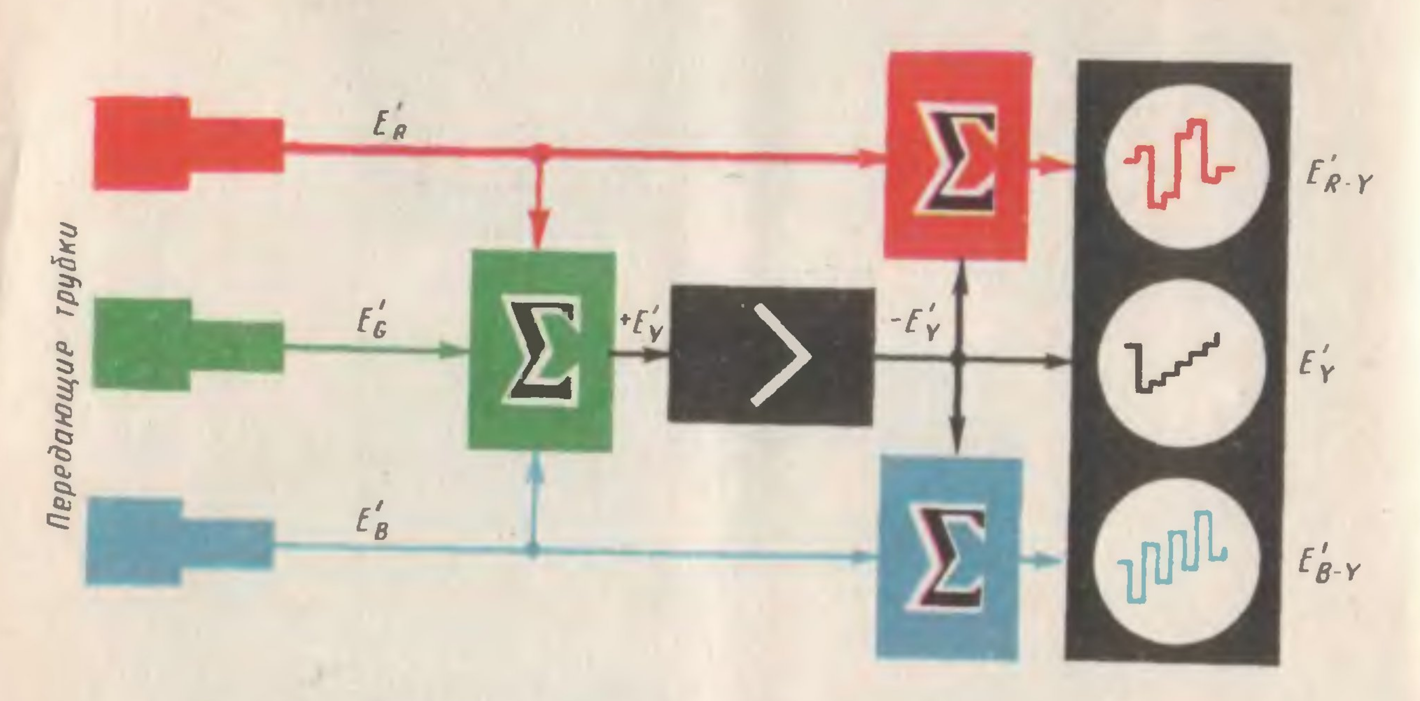


Рис. VI. 9. Структурная схема матрицы цветоразностных сигналов

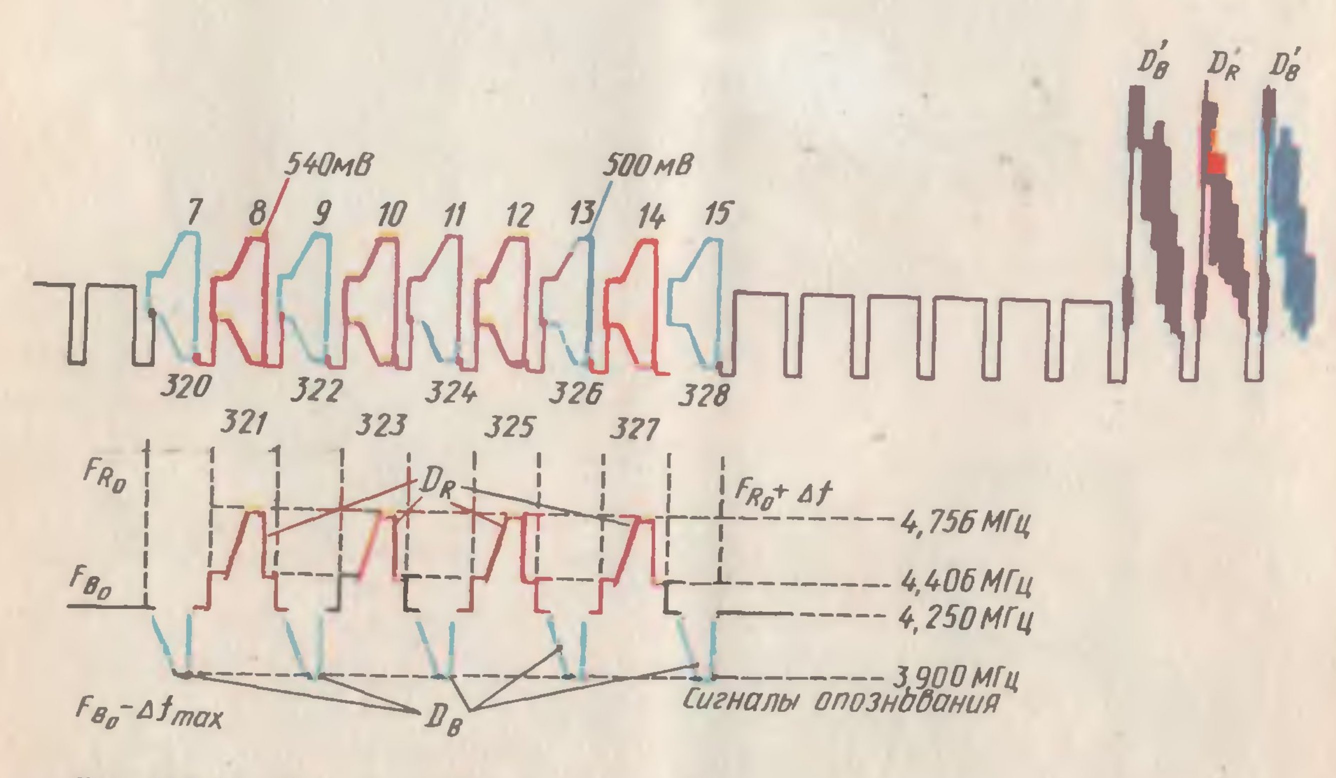


Рис. VII.11. Полный сигнал цветного телевидения (кадровая осциллограмма)

Питание анодной цепи оконечного каскада яркостного канала производится от источника напряжения +370 В. Это напряжение образуется за счет падения напряжения на фильтре 6R5 6C7, установленном в блоке коллектора (рис. III.39) для снижения уровня пульсаций в яркостном канале. На экранную сетку напряжение поступает от источника +170 В. Анодной нагрузкой лампы 2Л1 служит резистор 2R46. Дроссели 2Др3 и 2Др4 образуют сложную схему высокочастотной коррекции, увеличивающей коэффициент усиления каскада на высших частотах. Для этой цели служит конденсатор 2C17, включенный параллельно катодному сопротивлению автоматического смещения — резистору 2R36.

Усиленный до размаха 75 В (от уровня черного до уровня белого) яркостный видеосигнал поступает на катоды кинескопа через схему ограничения тока лучей, состоящую из диода 2Д8 типа КД109А, конденсатора 2C20 и резистора 2R43. Эта схема необходима, так как цветной кинескоп в связи с особенностями его конструкции — наличием теневой маски (вопрос III.39), поглощающей до 75 % тока лучей, не имеет запаса по току. Значение тока 1 мА является предельно допустимым и в то же время необходимым для получения требуемой по техническим условиям яркости (не менее 100 Кд/м^2, вопрос V.5).

В схеме ограничения тока лучей переменная составляющая проходит через конденсатор 2C20, а постоянная — через диод 2Д8, если ток лучей не превышает примерно 900 мкА. При возрастании тока падение напряжения на резисторе 2R43 превышает напряжение на аноде лампы 2Л1. Диод 2Д8 запирается, и ток лучей не может превысить установленный уровень (1 мА), так как в цепи катода кинескопа появляется сильная отрицательная обратная связь по постоянному току, осуществляемая с помощью достаточно высокоомного резистора 2R43 (допуск ±5 %). Это приводит к значительному замедлению роста тока катода кинескопа. Когда диод 2Д8 заперт, на катоды кинескопа поступает только переменная составляющая, то есть ограничение тока лучей достигается за счет потери части постоянной составляющей. В этом случае на экране высвечиваются темные детали изображения, что указывает на необходимость уменьшения яркости.

Для гашения лучей кинескопа во время обратного хода кадровой и строчной разверток лампа 2Л1 закрывается гасящими импульсами. Гасящие импульсы кадровой частоты формируются ждущим мультивибратором, который находится в схеме цветовой синхронизации (вопрос III.23), и через резистор 2R11 подаются на базу транзистора 2T3 типа КТ315А, выполняющего функцию эмиттерного повторителя. Так как через транзистор протекает значительный импульсный ток, он развязан от остальной схемы цепочкой 2R13 2C7. Эмиттерной нагрузкой 2T3 является сопротивление в цепи катода лампы 2Л1. Дроссель 2Др1 предназначен для устранения влияния цепей гашения на частотную характеристику 2Л1. Через резисторы 2R14 и 2R15 в катодную цепь 2Л1 подаются строчные импульсы для гашения обратного хода лучей по строкам. Эти импульсы снимаются со вторичной обмотки ТВС через разъем Ш8 (контакт 6в). Чтобы устранить воздействие на видеоусилитель колебательного процесса, имеющегося у основания импульса, в точку соединения резисторов 2R14 и 2R15 включен диод 2Д2. Цепочка 2R16 2C8 определяет степень отсечки колебательного процесса. С помощью резистора 2R17 на катоде 2Л1 устанавливается положительное напряжение +3, 5 В, что позволяет значительно упростить регулировку яркости в сеточной цепи лампы. При регулировке амплитудно-частотной характеристики яркостного канала с помощью перемычки 2Ш1 отключается схема гашения.

III. 13. Для чего в цветных телевизорах осуществляется задержка во времени видеосигнала яркостного канала?

Кто из нас не помнит хитроумных арифметических задач на свойства труб разного сечения. Наверно, многие начинали рассуждать с того, что через широкую трубу воды протекает больше, чем через узкую. Что-то похожее есть в сравнении каналов яркости и цветности. Первый — широкополосный, а второй — узкополосный (рис. III. 14). Правда, разница менее одной микросекунды, но ведь яркостный и цветоразностный сигналы должны приходить на электроды кинескопа строго одновременно.

При отсутствии временной задержки яркостного сигнала последний поступит на вход кинескопа значительно раньше сигналов цветности. Это приведет к рассовмещению черно-белых границ с границами окрашенных деталей цветного изображения, и окраска изображения окажется по всему экрану сдвинутой вправо относительно черно-белых элементов. На экране кинескопа с диагональю экрана 59 см этот сдвиг оказывается равным примерно 6—8 мм. Понятно, что такой сдвиг нельзя считать допустимым.

Задержка видеосигнала в яркостном канале осуществляется с помощью линии задержки (2ЛЗ-1 на рис. III. 13). Линия задержки выполняется путем намотки на диэлектрический каркас с частично или полностью металлизированной внешней поверхностью цилиндрической однослойной катушки. Распределенная емкость линии задержки образуется емкостью между металлизированным слоем каркаса и каждым витком провода катушки. Металлизированные участки каркаса электрически соединены друг с другом и образуют общий для входа и выхода лииии провод, заземляемый в схеме. Начало и конец катушки являются соответственно входом и выходом линии.

В промышленных телевизорах в настоящее время преимущественно применяется линия задержки типа ЛЗЦТ-0,7-1 500, время задержки которой равно 0,7 мкс, а волновое сопротивление составляет 1500 Ом. Эта линия имеет полосу пропускания до 6 МГц и обладает коэффициентом затухания 0,7—0,8. Внешний вид линии задержки ЛЗЦТ-0,7-1500 показан на рис. III. 15, а, конструкция линии — на рис. III. 15, б. Принцип согласования во времени сигналов в каналах яркости и цветности с помощью линии задержки иллюстрируется посредством графиков, представленных на рис. III. 16.

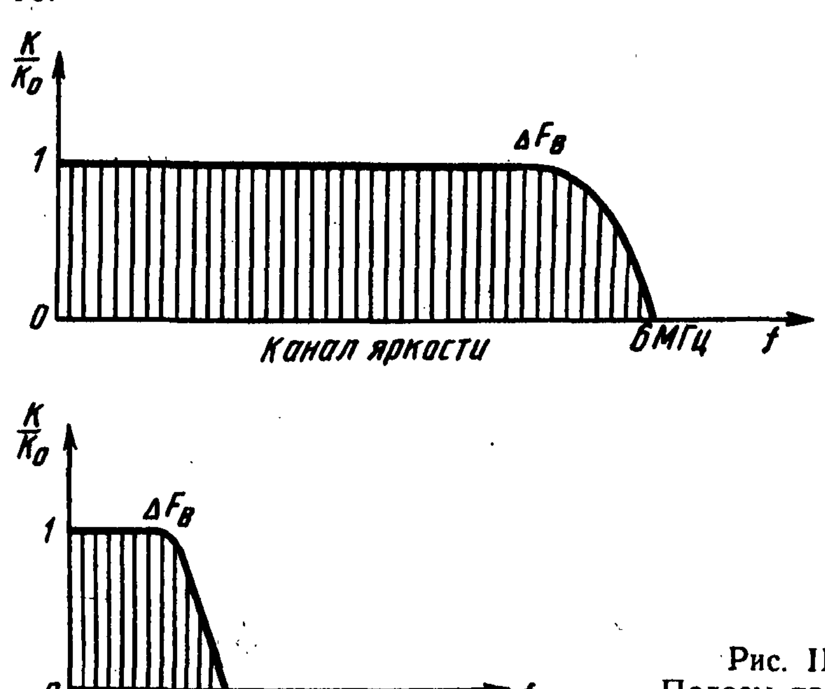


Рис. III. 14.
Полосы пропускания каналов яркости и цветности

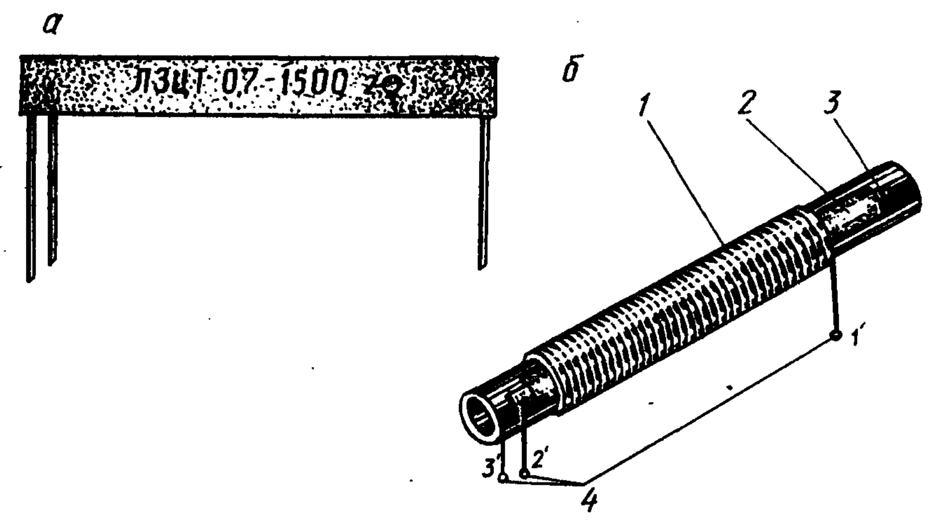


Рис. III. 15. Линия задержки на время 0,7 мкс канала яркости:

а — внешний вид; *б* — конструкция линии: *1* — провод; *2* — изолирующий материал; *3* — пластины из медной фольги; *4* — электрические выводы 1′, 2′, 3′

Рис. III. 16. Принцип согласования сигналов яркости и цветности во времени:

а — согласование во времени сигналов в каналах яркости и цветности; *б* — сигнал цветности в более узкополосном канале задерживается на большее время, чем сигнал яркости; *в* — искусственная задержка сигнала яркости с помощью линии задержки 0,7 мкс до совмещения во времени с сигналом цветности

Являясь элементом схемы яркостного канала, линия задержки должна быть согласована с цепями усилительных каскадов, то есть в схеме должны быть приняты меры к тому, чтобы выходное сопротивление источника сигнала для переменного тока было равно волновому сопротивлению линии задержки, а также, чтобы выход линии задержки был нагружен на сопротивление, равное ее волновому сопротивлению. Невыполнение этого условия неизбежно приводит к слишком большой неравномерности АЧХ, имеющей в этом случае волнообразный характер, при котором в пределах общей полосы частот имеются чередующиеся подъемы и спады характеристики, увеличивающиеся по мере возрастания частоты. Это приводит к искажениям яркостного сигнала.

III. 14. С какой целью производят режекцию полосы частот в яркостном канале цветного телевизора?

Амплитудно-частотная характеристика яркостного канала должна быть достаточно линейной во всем диапазоне видеочастот от самых низких до самых высоких. Допустимый коэффициент нелинейности не должен превосходить 8—12%, что достигается применением отрицательных обратных связей, охватывающих отдельные каскады и особенно каскады с высоким уровнем сигнала. Требование высокой линейности АЧХ яркостного канала диктуется необходимостью предотвратить разнояркость соседних строк изображения, которая получается вследствие неодинаковых нелинейных искажений сигналов поднесущих, имеющих различные размахи в соседних строках.

Происходит это потому, что сигнал поднесущей частоты, пройдя нелинейный участок амплитудной характеристики канала, вследствие нелинейного преобразования приобретает постоянную и гармоническую составляющие. При этом все гармоники выше первой сильно ослабляются, так как они не попадают в полосу пропускания канала, а постоянная составляющая остается. Накладываясь на уровень яркостного сигнала, постоянная составляющая изменяет его, то есть вызывает искажение этого уровня. Поскольку амплитуды сигналов поднесущих частот в соседних строках в момент прохождения нелинейного участка характеристики могут сильно различаться, то и значения выделенных постоянных составляющих получаются различными. Неодинаковое смещение уровней яркостных составляющих сигнала в соседних строках делает соседние строки изображения заметно различающимися по яркости. Особенно разнояркость соседних строк заметна на желтых и голубых участках изображения, а также на цветовых переходах, то есть на тех участках, которым соответствуют сигналы, больше подверженные нелинейным искажениям и для которых размахи поднесущих в соседних строках сильно различаются.

Однако в случае приема цветных передач область частот в районе расположения сигналов цветности обычно значительно ослабляется. На рис. III. 17 показана нормированная АЧХ видеоусилителя яркостного канала. Режекция в яркостном канале диктуется необходимостью сделать менее заметными помехи от поднесущих на экране телевизора при приеме цветного изображения. Эти помехи особенно интенсивны на насыщенных элементах изображения и на границах цветовых переходов. Они просматриваются в виде чередующихся вдоль строк мелких светлых и темных участков. Благодаря упорядоченной структуре поднесущих они интерферируют между собой, создавая своеобразные муары, видимые даже при нормальных расстояниях наблюдателя от экрана телевизора. Особенно сильно заметны помехи от поднесущих частот на границах насыщенных цветовых участков, где они усугубляются разнояркостью строчной структуры, обусловленной нелинейностью АЧХ канала.

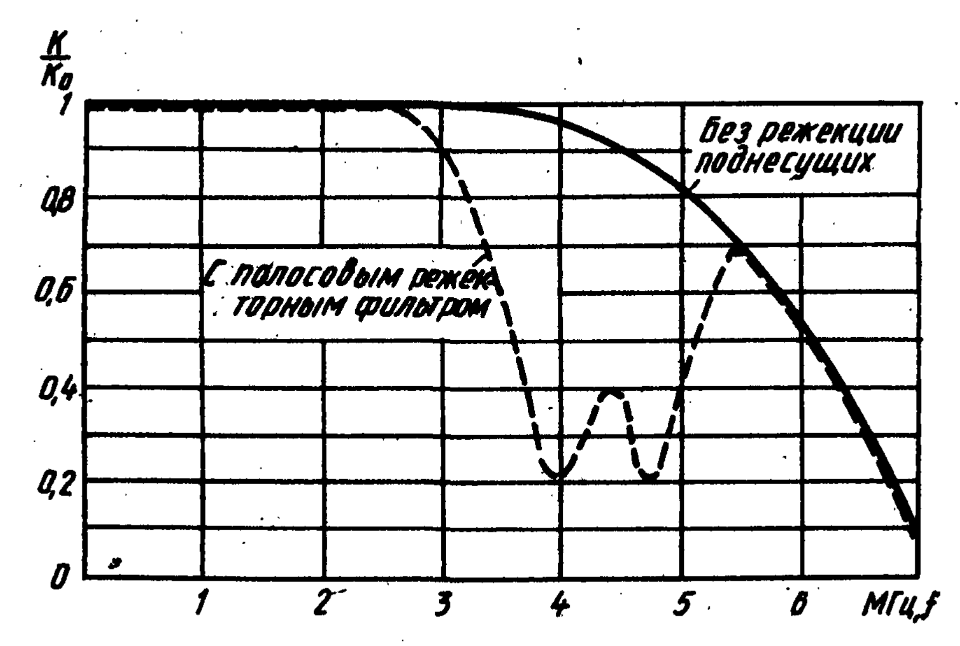


Рис. III. 17. Нормированная амплитудно-частотная характеристика видеоусилителя канала яркости

При наличии эффективно действующх режекторных фильтров цветное изображенне воспринимается как более «мягкое» — без виднмых помех от поднесущих и без разнояркости строк. Результат работы режекторных фильтров можно увидеть на рис. III. 18. На рис. III. 18,а показана осциллограмма сигнала «Цветные полосы» (вопрос II. 9) на входе яркостного канала, а на рис. III. 18,б показан этот же сигнал, но после прохождения режекторных фильтров.

В промышленных цветных телевизорах с целью режекции сигналов цветных поднесущих в видеоусилителе яркостного канала устанавливается двухконтурный полосовой фильтр. Контуры его настроены на частоты 4,02 и 4,67 МГц. Относительный коэффициент передачи усилителя в этих точках должен достигать значений 0,2—0,3 по отношению к коэффициенту передачи на частоте 1,0 МГц, принятому за единицу. При этом частотно-избирательные свойства режекторного фильтра должны быть выбраны таким образом, чтобы полоса режекции на уровне 0,7 ограничивалась частотами примерно от 3,5 до 5,0 МГц.

Однако режекторные фильтры уменьшают полосу частот яркостного канала, ограничивают четкость воспроизводимого изображения по вертикальному клину. При этом полоса пропускания яркостного канала по существу снижается до 3,25—3,50 МГц. Режекция полосы частот в яркостном канале дает ощутимую потерю четкости цветного изображения. Чтобы несколько сгладить эффект потери четкости, высокочастотная область АЧХ цветных телевизоров высокого класса делается довольно широкой. Верхняя граница частотной характеристики яркостного канала у этих телевизоров на уровне 0,7 достигает частоты 5,8 МГц.

Чтобы не снижать четкости изображения при приеме черно-белых программ, цветные телевизоры снабжаются выключателем, позволяющим при желании выключить режекторный фильтр в яркостном канале. В телевизорах высокого класса режекторные фильтры включаются и выключаются автоматически электронными способами (вопрос III. 15).

III. 15. Как устроена и работает схема автоматического включения и выключения режекции сигналов цветовых поднесущих в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II?

Схема автоматического отключения режекции включена в катодную

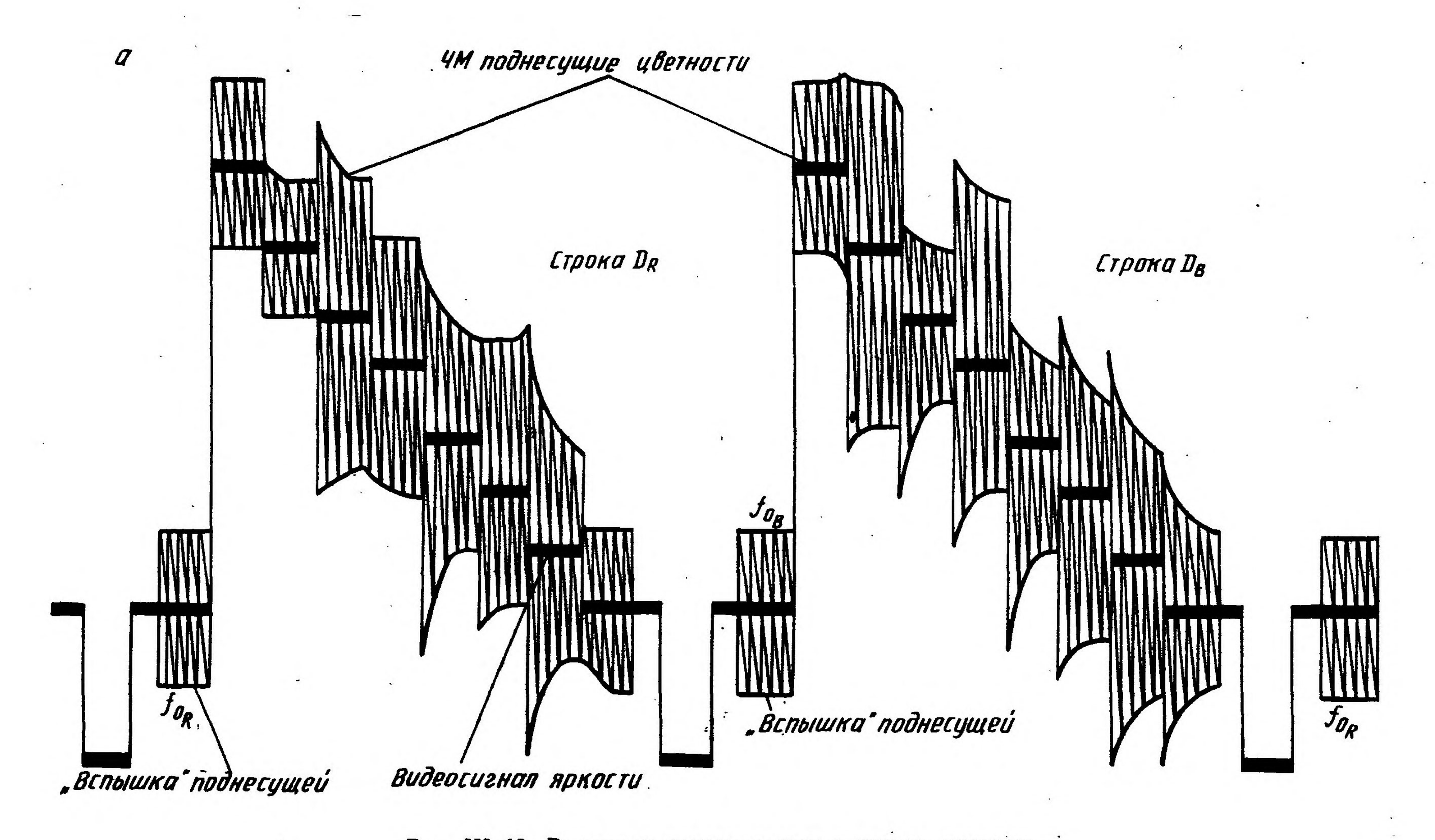


Рис. III. 18. Режекция полосы частот в канале яркости:

а — сигнал «Цветные полосы» на входе канала яркости; б — сигнал «Цветные полосы» после фильтров режекции

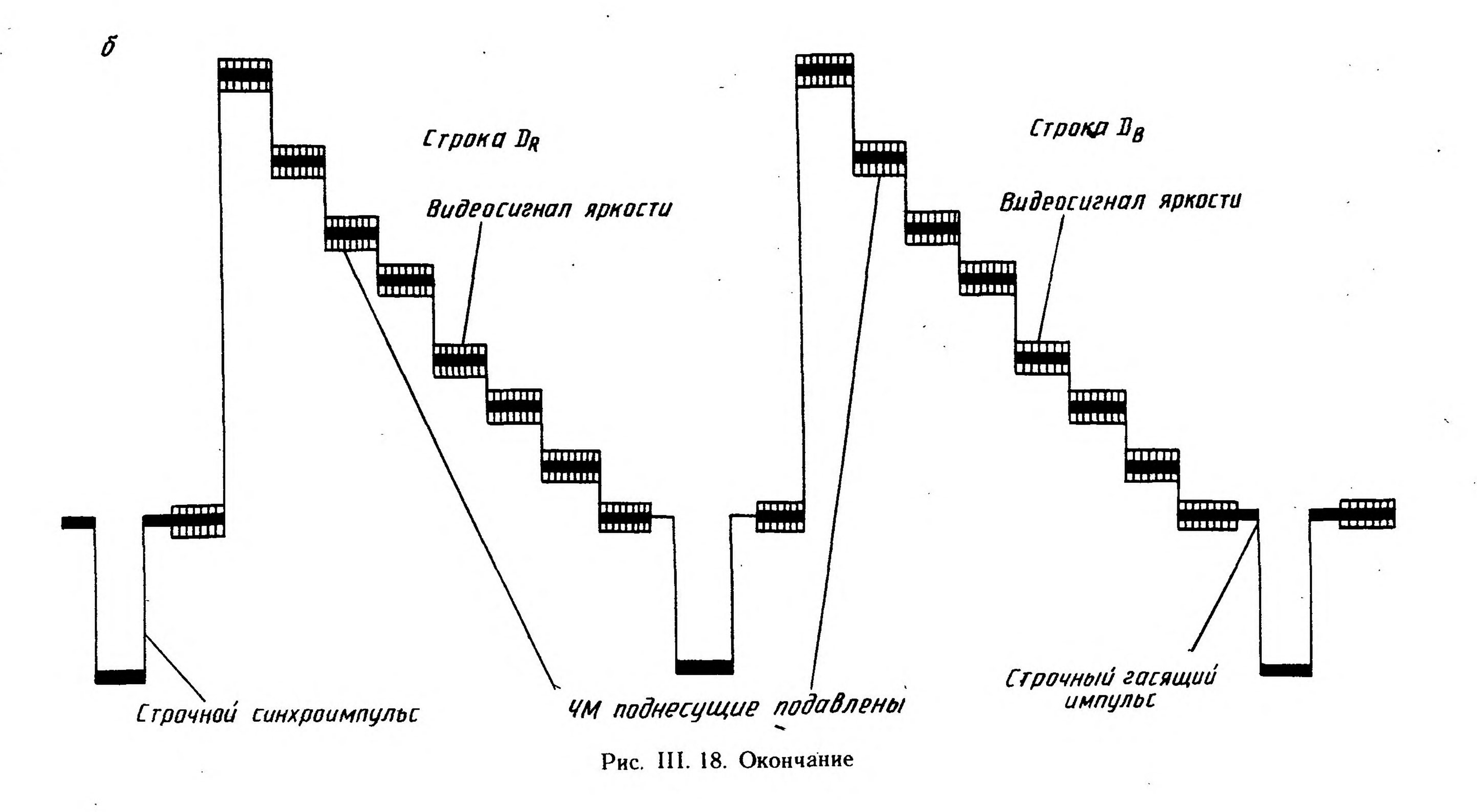


Рис. III. 18. Окончание

цепь лампы 2Л1 оконечного каскада яркостного канала (рис. III. 13) последовательно с цепочкой автоматического смещения, и образована режекторными фильтрами, подавляющими сигналы цветовых поднесущих в яркостном канале (рис. III. 18,б). Фильтр 2L1 2С22 настраивается на подавление частоты 4,67 МГц, а связанный с ним через конденсатор 2С19 фильтр 2L2 2С23 — на подавление частоты 4,02 МГц. К фильтру 2L1 2С22 через конденсатор 2С24 подключен каскад автоматического отключения режекции. Каскад выполнен на транзисторе 2Т6 типа МП25Б и питается от стабилизированного стабилитроном 2Д7 типа Д814Д источника напряжения минус 13 В, получаемого в свою очередь от источника отрицательного напряжения 36 В с помощью резистора 2R51. Через резистор 2R50 на базу транзистора 2Т6 подается отпирающее отрицательное напряжение, а через резистор 2R94 с катода лампы 2Л2 выходного усилителя цветоразностного сигнала $E'_R—E'_Y$ (рис. III. 27) — запускающее положительное напряжение.

При приеме цветного изображения, когда дискриминаторы в канале цветности открыты, положительное напряжение, снимаемое с катода лампы 2Л2, запирает транзистор 2Т6. В этом случае конденсатор 2С24 соединен с корпусом через большое сопротивление запертого транзистора 2Т6 и не влияет на работу режекторных фильтров.

При приеме черно-белого изображения срабатывает схема автоматического выключения канала цветности (вопрос III. 24), запирающая дискриминаторы. В этом случае напряжение на катоде лампы 2Л2 отсутствует, и на базе транзистора 2Т6 появляется отрицательное напряжение. Транзистор отпирается, и конденсатор 2С24 через малое сопротивление открытого транзистора шунтирует режекторные фильтры, увеличивая эффективную ширину полосы пропускания яркостного канала и, следовательно, четкость воспроизводимого изображения.

III. 16. Что такое «привязка к уровню черного» и как работает схема привязки в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II?

Форма яркостного видеосигнала соответствует изменению яркости передаваемого изображения. Например, если взять два изображения: черная полоса на белом фоне и белая полоса на черном фоне, то, несмотря на то, что минимальные и максимальные значения яркости у обоих изображений одинаковы, средние яркости их будут существенно различны. Поэтому видеосигналы этих двух кадров содержат постоянную составляющую, пропорциональную средней яркости. Если произойдет потеря постоянной составляющей видеосигнала, например, при включении на его пути переходного конденсатора, то уровни сигнала даже от одинаково освещенных, но различных по размеру деталей, изменяются при изменении средней яркости. В случае полной потери постоянной составляющей видеосигнал располагается относительно нулевой оси (или так называемой линии равных площадей) таким образом, что площадь, ограниченная положительной частью сигнала и осью, равна площади, ограниченной отрицательной частью сигнала и осью. Если сигналы, искаженные подобным образом, использовать для модуляции тока луча кинескопа, то яркости изображения также будут искажены, а при приеме цветного изображения произойдет значительное изменение насыщенности цвета отдельных деталей.

В телевизоре УЛПЦТ-59/61-II потеря постоянной составляющей происходит из-за разделительного конденсатора 2С14 (рис. III. 13), стоящего на пути видеосигнала. Конденсатор видоизменяет форму сигнала, смещает его уровни, которые для правильного воспроизведения изображения должны быть неизменными. Так, например, уровень черного, при котором кинескоп должен быть заперт, смещается в сторону уровня белого и экран оказывается

засвеченным. В процессе телевизионной передачи содержание постоянной составляющей в видеосигнале, пропорциональной средней яркости изображения, постоянно изменяется. Это вызывает смещение уровня черного относительно потенциала, соответствующего потенциалу запирания кинескопа. Если видеосигналы, искаженные подобным образом, использовать для модуляции тока луча приемной трубки, то яркости изображения также будут искажены, а при приеме цветного изображения произойдет значительное изменение насыщенности цвета отдельных деталей. Поэтому необходимо проводить коррекцию указанных искажений, то есть восстановление сигнала, пропорционального средней яркости изображения.

Сущность восстановления постоянной составляющей в видеосигнале состоит в том, чтобы зафиксировать уровень черного, то есть не дать ему возможности произвольного перемещения. Эта задача выполняется с помощью простых электронных ключей, в качестве которых используются полупроводниковые диоды. Диодные схемы как бы привязывают уровень черного или уровень, соответствующий плоской части синхроимпульсов, к постоянному потенциалу, выбираемому произвольно. Поэтому фиксирующие схемы часто называют схемами привязки, а процесс восстановления постоянной составляющей — привязкой уровней.

В сеточной цепи лампы 2Л1 имеется схема управляемой привязки к уровню черного, выполненная на диодах 2Д5 типа КД109А и 2Д6 типа Д9Е (рис. III. 13). Для управления схемой привязки используются строчные синхронизирующие импульсы, снимаемые с части коллекторной нагрузки амплитудного селектора 1R16 через разъемы Ш7 и Ш15 (контакт 4в). Сформированный дифференцирующей цепочкой 2С12 2R33 положительный импульс поступает через переходный конденсатор 2С15 на диоды 2Д5 и 2Д6. При этом диоды отпираются и конденсатор 2С14 через цепь 7R8а — 7R9— «корпус» — 7R13—2R29 — сопротивление открытых диодов 2Д6 и 2Д5 заряжается. На выводе конденсатора 2С14, соединенном с управляющей сеткой лампы 2Л1, возникает положительный потенциал, пропорциональный размаху гасящего импульса.

Таким образом, можно отметить, что при изменении содержания изображения из-за наличия переходного конденсатора уровень гасящих импульсов, поступающих на управляющую сетку 2Л1, изменяется: уменьшается при передаче более светлого изображения и увеличивается при передаче более темного. Однако благодаря наличию схемы фиксации уровня черного эти изменения сопровождаются периодической подзарядкой конденсатора 2С14 до напряжения, соответствующего размаху гасящего импульса. При этом изменяется положение рабочей точки на характеристике лампы таким образом, что уровень гасящего импульса всегда совпадает с отсечкой тока лучей кинескопа, то есть уровень черного остается постоянным.

III. 17. Как устроен канал прямого сигнала цветности телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Схема канала прямого сигнала приведена на рис. III. 19. С эмиттерного повторителя 1-го каскада яркостного канала 1Т9, расположенного в блоке радиоканала (рис. III. 7), через разъем Ш9 (ножка 8) полный видеосигнал размахом 1 В через конденсатор 2С27 поступает на контур обратной коррекции высокочастотных предыскажений «клеш» 2Ф1 (вопрос VII, 11, рис. III. 19), образованный индуктивностью 2L3 и конденсатором 2С26. Конденсатор 2С27 отфильтровывает низкочастотные составляющие, а резонансный контур 2L3 2С26, настроенный на частоту 4,29 МГц, выделяет из полного телевизионного сигнала частотно-модулированные сигналы поднесущих цветности и уменьшает амплитудную модуляцию. Контур нагружен на эмиттерный повторитель на транзисторе 2Т7 типа КТ315А, поэтому

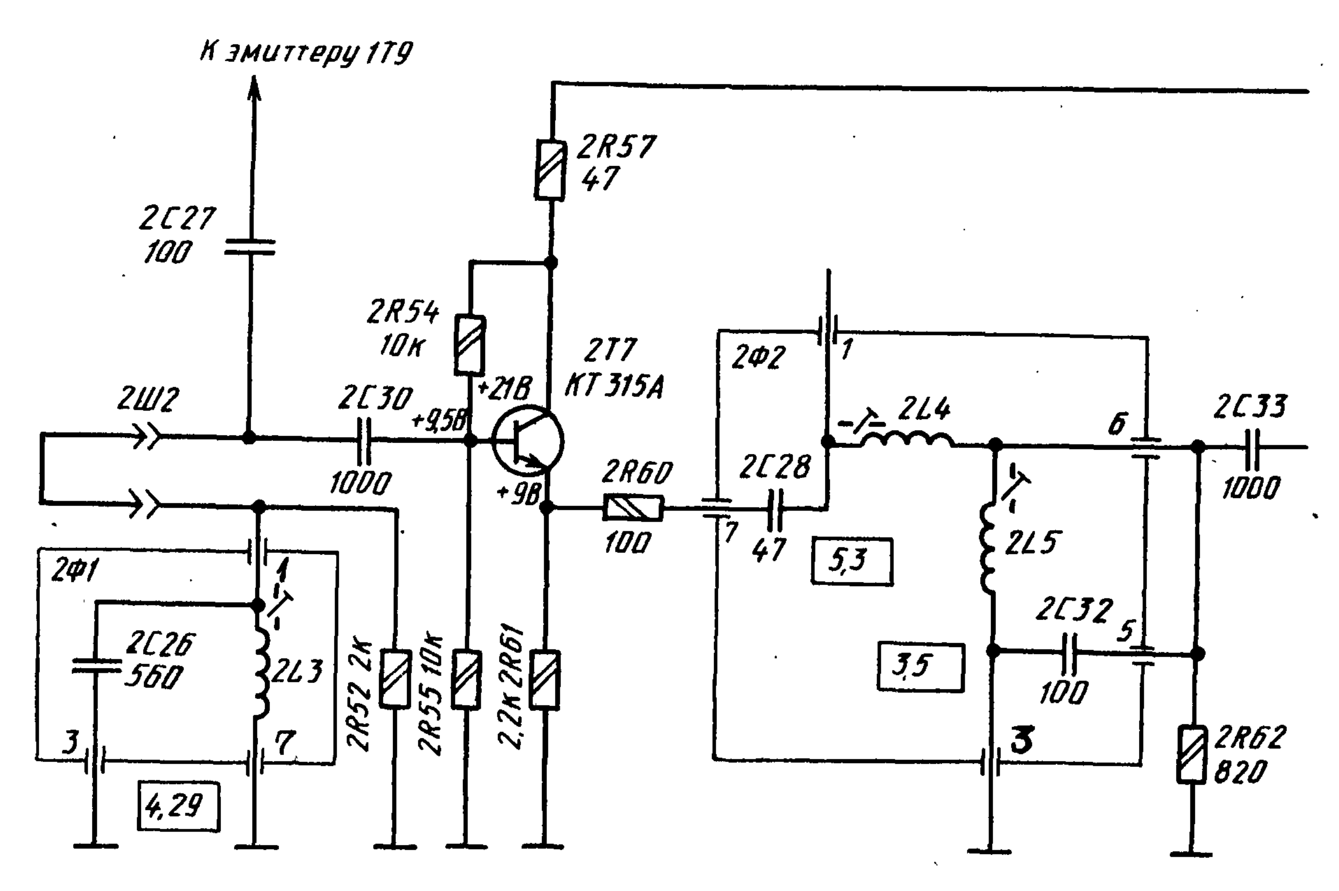


Рис. III. 19. Принципиальная схема канала прямого сигнала цветности телевизора УЛПЦТ-59/61-II

разброс его параметров не влияет на добротность контура, которая в основном определяется сопротивлением резистора 2R52 и резисторов базового делителя напряжения 2R54 и 2R55. Напряжение питания на транзистор 2Т7 поступает от источника + 24 В через резистор 2R57.

С эмиттерной нагрузки 2R61 транзистора 2Т7 откорректированный сигнал поступает на полосовой фильтр 2Ф2, состоящий из последовательного контура 2С28 2L4 и параллельного контура 2L5 2С32. Два контура фильтра обеспечивают получение двугорбой частотной характеристики с полосой пропускания от 3,3 до 5,3 МГц. Так как выходное сопротивление эмиттерного повторителя мало́, последовательно с фильтром включен согласующий резистор 2R60. Для настройки фильтра 2Ф2 необходимо отсоединить от базовой цепи транзистора 2Т7 контур коррекции высокочастотных предыскажений. Для этих целей на входе канала предусмотрена перемычка 2Ш2.

С выхода фильтра 2Ф2 через конденсатор 2С33 высокочастотный сигнал поступает на вход транзистора 2Т8. Каскад на транзисторе 2Т8 типа КТ315А собран по схеме резонансного усилителя. В качестве нагрузки коллектора применен дроссель 2Др5, который вместе с емкостью монтажа и выходной емкостью транзистора образует резонансный контур на частоте 4,3 МГц. Полоса пропускания контура определяется небольшим эквивалентным сопротивлением шунтирующего его диодного ограничителя и с требуемым запасом превышает полосу частот, в которой размещены частотно-модулированные сигналы цветности. Напряжение питания на транзистор 2Т8 поступает от источника + 24 В через развязывающую цепочку 2R56 2С31. С коллекторной нагрузки транзистора 2Т8 усиленные сигналы через конденсатор 2С64 поступают на вход канала задержанного сигнала (вопрос III. 18), а через конденсатор 2С34 — на диодный ограничитель.

Диодный ограничитель канала прямого сигнала выполнен на диодах 2Д10 и 2Д11 типа Д20. Уровень двустороннего ограничения определяется делителем напряжения 2R70, 2R67 и 2R71.

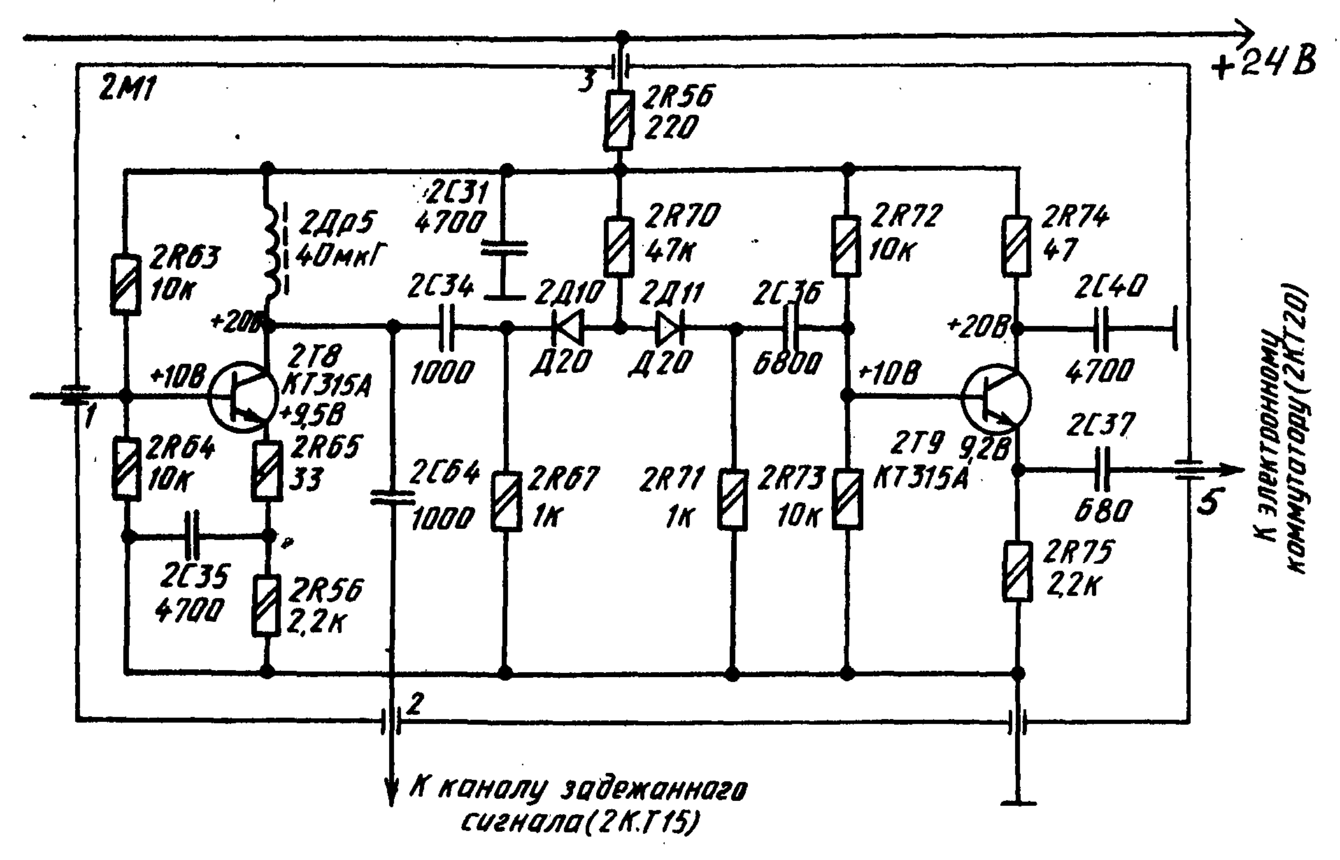


Рис. III.19. Окончание

Через конденсатор 2С36 ограниченные сигналы поступают на базу эмиттерного повторителя транзистора 2Т9 типа КТ315А, который снижает сопротивление нагрузки (активное и емкостное) и тем самым улучшает подавление паразитной амплитудной модуляции, а также согласовывает выход канала прямого сигнала со входом электронного коммутатора (вопрос III. 20). Развязывающая цепочка, состоящая из резистора 2R74 и конденсатора 2С40, улучшает стабильность работы каскада. Напряжение питания на транзистор 2Т9 поступает от источника +24 В через развязывающую цепочку 2R56 2С31. С эмиттерной нагрузки — резистора 2R75 сигнал частотно-модулированной поднесущей через конденсатор 2С37 поступает на вход электронного коммутатора.

Усилитель на транзисторе 2Т8, амплитудный ограничитель (2Д10, 2Д11) и эмиттерный повторитель на транзисторе 2Т9 собраны на отдельной печатной плате, образующей модуль 2М1.

Расположение органов настройки на блоках цветности БЦ-1 и БЦ-2 показано на рис. III. 20. На рисунке сердечники контуров, настраиваемые со стороны деталей, обозначены треугольниками, а со стороны печати — квадратами.

III. 18. Как устроен канал задержанного сигнала телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Принципиальная схема канала задержанного сигнала преведена на рис. III. 21. Усиленные 2-м каскадом прямого сигнала на транзисторе 2Т8 (рис. III. 19) сигналы цветности через конденсатор 2С64 поступают на вход эмиттерного повторителя, выполненного на транзисторе 2Т14 типа КТ315А. Эмиттерный повторитель служит для согласования низкого входного сопротивления линии задержки с высоким входным сопротивлением усилительного каскада, а также защищает канал прямого сигнала от проникновения отраженных сигналов, возникающих в линии задержки при неполном согласовании ее с внешними цепями.

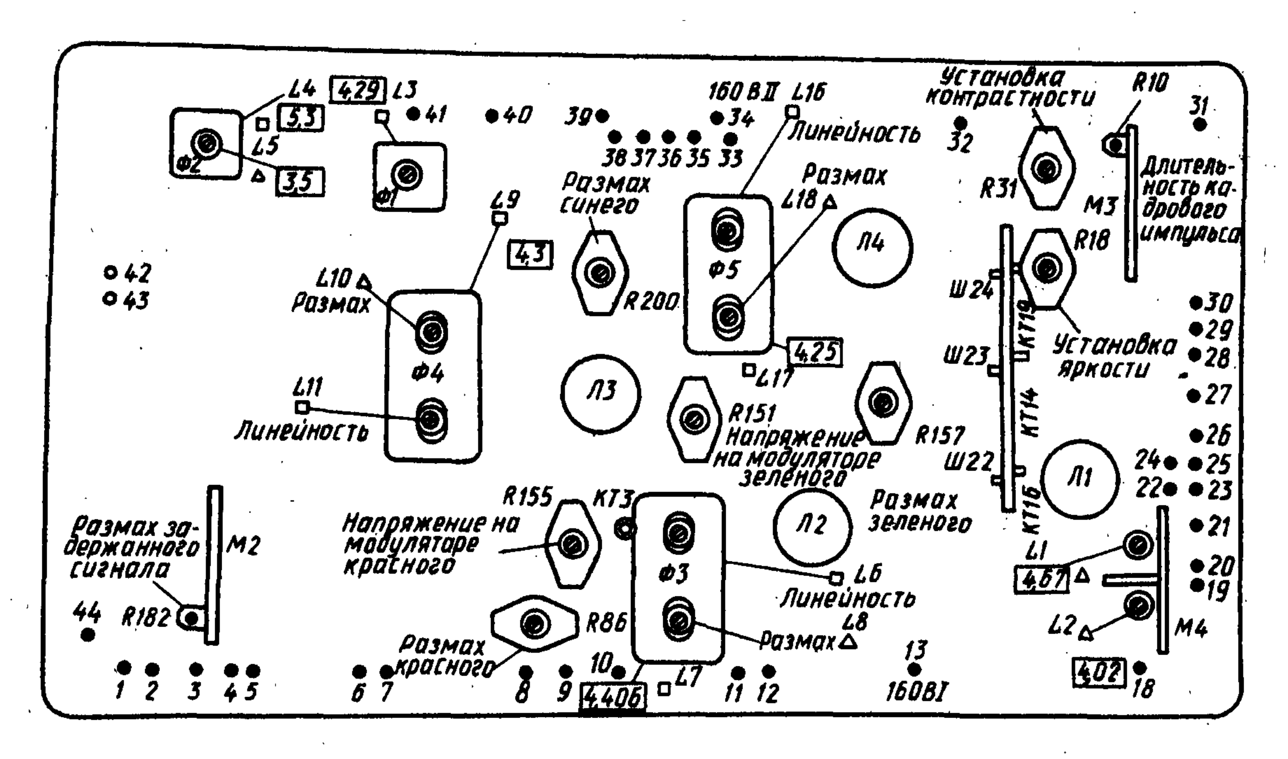


Рис. III. 20. Расположение органов настройки на блоках цветности БЦ-1 и БЦ-2

Нагрузкой транзистора 2Т14 является согласующий (понижающий) автотрансформатор 2Ф6 ультразвуковой линии задержки 2ЛЗ-2 (вопрос III. 19), образованный индуктивностями 2L12 2L13. Резисторы 2R165 и и 2R166 являются делителями напряжения в цепи базы. Напряжение питания на транзистор 2Т14 поступает от источника +24 В через развязывающую цепочку 2R167 2С104. Резистор 2R170 совместно с эквивалентным сопротивлением автотрансформатора 2Ф6 и выходным сопротивлением эмиттерного повторителя образует делитель напряжения отраженных сигналов. Другой конец линии задержки через повышающий автотрансформатор 2Ф7, образованный индуктивностями 2L14 2L15, связан с цепью базы транзистора 2Т15. Линия задержки с согласующими автотрансформаторами

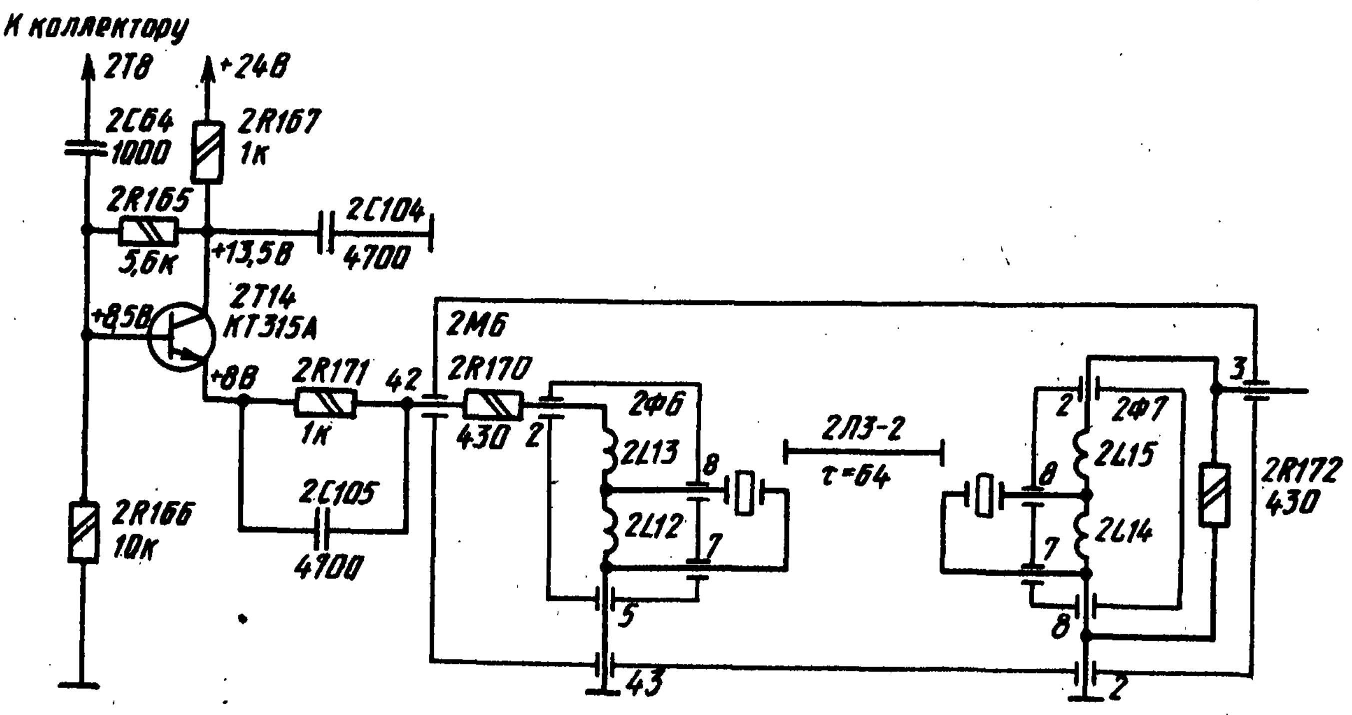


Рис. III. 21. Принципиальная схема канала задержанного сигнала телевизора УЛПЦТ-59/61-II

размещена на отдельном модуле 2М6, который выполнен в виде легкосъемной конструкции. Применение такой конструкции дает возможность использования разнотипных линий задержки и необходимых для их согласования элементов.

Линия задержки 2ЛЗ-2 вносит значительное затухание в задерживаемый сигнал. Поэтому задержанные сигналы через конденсатор 2С106 поступают на усилитель, собранный на транзисторе 2Т15 типа КТ315А. Резисторы 2R174 и 2R173 являются делителями напряжения в цепи базы. Напряжение питания на коллектор транзистора 2Т15 поступает от источника +24 В через развязывающую цепочку 2R175 2С111. Резисторы 2R177 и 2R176 образуют цепочку автоматического смещения по постоянному току коллектора. Дроссель 2Др8 совместно с конденсатором 2С107 образуют цепь высокочастотной коррекции.

С коллектора транзистора 2Т15 через разделительный конденсатор 2С110 частотно-модулированный сигнал цветовой поднесущей поступает на регулируемый двусторонний амплитудный ограничитель, собранный на диодах 2Д27, 2Д28 типа Д20 и резисторах 2R180, 2R181, 2R183. Подстроечный резистор 2R182 позволяет установить равенство по амплитуде прямого и задержанного сигналов на входе электронного коммутатора.

После ограничения через разделительный конденсатор 2С112 сигнал поступает на базу транзистора 2Т16 типа КТ315А, который является эмиттерным повторителем. Резисторы 2R185 и 2R184 образуют делитель напряжения, создающий напряжение на базе транзистора 2Т16. Питание коллектора осуществляется от источника +24 В через развязывающую цепочку 2R187 2С114. Сигнал, снимаемый с нагрузки эмиттерного повторителя 2R186, через разделительный конденсатор 2С113 поступает на второй вход электронного коммутатора (рис. III. 26).

Усилитель, ограничитель и эмиттерный повторитель канала зедержанного сигнала аналогичны таким же каскадам прямого сигнала и собраны на отдельной печатной плате — модуле 2М2.

III. 19. Как устроены и работают ультразвуковые линии задержки (УЛЗ)?

УЛЗ является важнейшим элементом канала задержки (вопрос III. 18). Основными же ее элементами служат звукопровод и укрепленные на нем

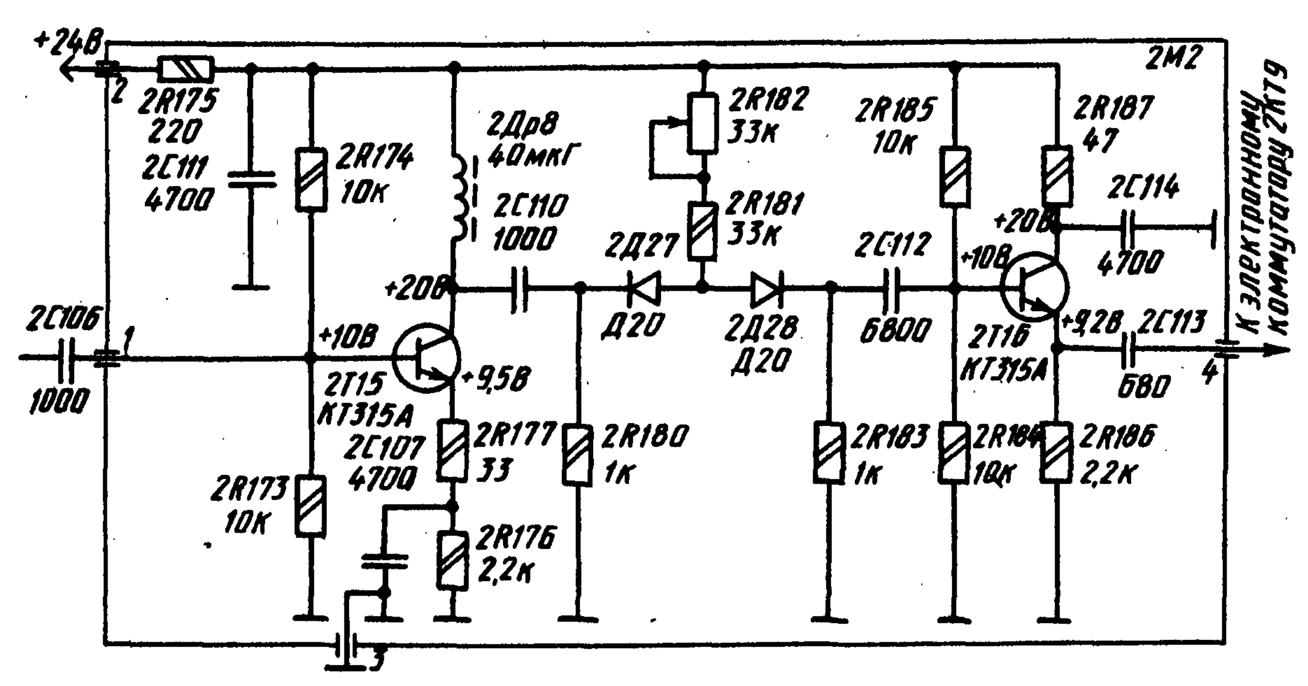


Рис. III. 21. Окончание

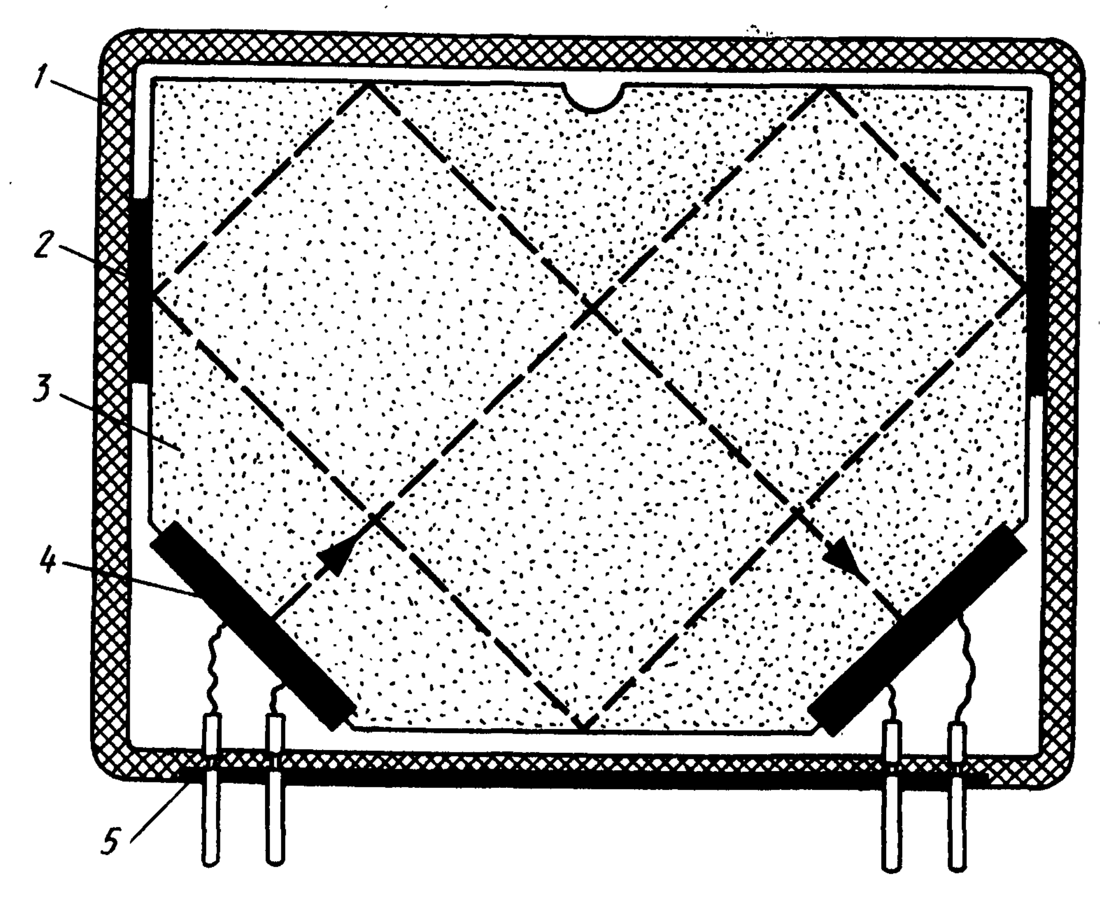


Рис. III. 22. Кристаллическая ультразвуковая линия задержки на 64 мкс с шестигранным звукопроводом (разрез):

1 — корпус; *2* — герметик; *3* — звукопровод; *4* — пьезопреобразователь; *5* — заливка

пьезопреобразователи, выполненные из специальной керамики с добавкой титаната свинца. Такая керамика обладает пьезосвойствами, то есть при воздействии электрического поля в ней возникают определенные деформации. Благодаря этому при подаче на пьезопреобразователь электрического сигнала в звукопроводе возбуждаются ультразвуковые колебания, распространяющиеся вдоль звукопровода со скоростью в зависимости от материала, из которого он изготовлен.

В первых моделях УЛЗ звукопроводы применяли в виде прямоугольного металлического бруска, к противоположным граням которого крепили пьезопреобразователи. Такие УЛЗ были слишком громоздки. Потому развитие техники линий задержки шло по пути уменьшения габаритов звукопровода. Для сохранения номинального времени задержки звукопроводу придают такую форму, что ультразвуковая волна претерпевает в нем несколько внутренних отражений (рис. III. 22).

К сожалению, такая конструкция имеет свои недостатки. Некоторая часть энергии от каждой отражающей грани попадает на выходной преобразователь, что вызывает неустранимые перекрестные искажения. На рис. III. 23 показаны конструкции УЛЗ на длительность задержки 64 мкс, применяемые в современных цветных телевизорах.

Для нормальной работы УЛЗ требуется согласование ее входной цепи с источником сигнала, а выходной цепи — с нагрузкой. Такое согласование необходимо для уменьшения потерь энергии сигнала, которые происходят из-за различия внутренних сопротивлений источника и приемника электрической энергии; для снижения уровня отраженных ультразвуковых сигналов, обусловливающих амплитудные искажения электрических сигналов на входе и выходе линии; для создания более равномерной частотной характеристики в рабочей полосе частот.

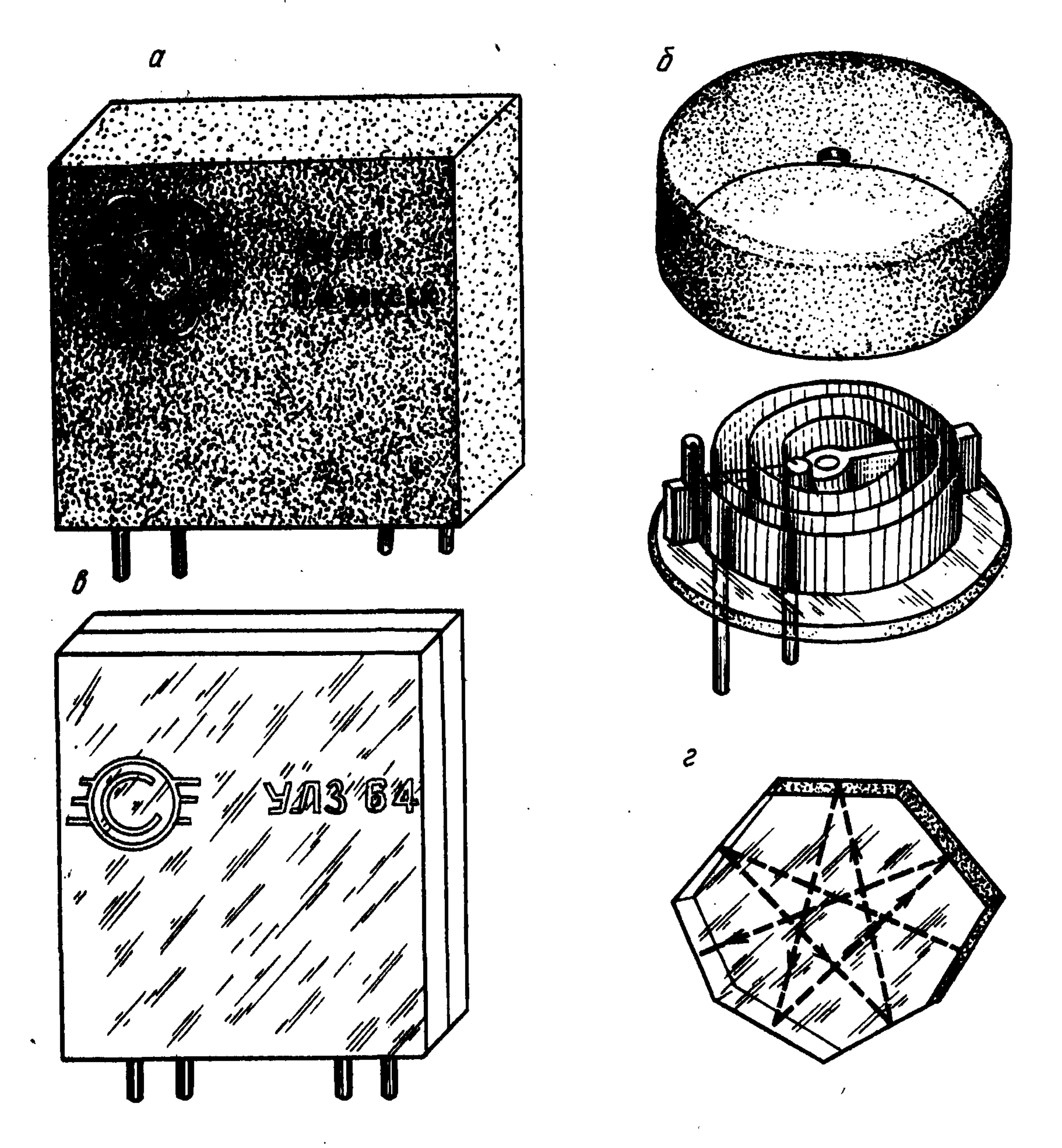


Рис. III.23. Виды конструкции ультразвуковых линий задержки на 64 мкс:

а — кристаллическая; *б* — спиральная металлическая; *в* — стеклянная; *г* — стеклянная с семигранным звукопроводом (без корпуса)

Как показали исследования, помехи от отраженных сигналов в наибольшей степени заметны на насыщенных цветовых полях. Поэтому согласовывать УЛЗ целесообразно на частотах, соответствующих значениям поднесущих при передаче насыщенности красного и синего полей. Эти частоты составляют 4,406—0,280=4,126 МГц и 4,250+0,230=4,480 МГц. А так как частоты различаются всего на 354 кГц, УЛЗ можно согласовывать на одной средней частоте 4,3 МГц (рис. III. 24). Неточное согласовывание линии на краях полосы пропускания вносит небольшие искажения на цветовых переходах в виде разнояркости строк. Практика показала, что такие искажения незаметны. Для согласования УЛЗ на одной средней частоте достаточно нагрузить ее вход и выход на цепи, состоящие из параллельно соединенных резистора и индуктивности (рис. III. 25). Недостатком согласования на одной средней частоте является некоторое сужение полосы пропускания УЛЗ.

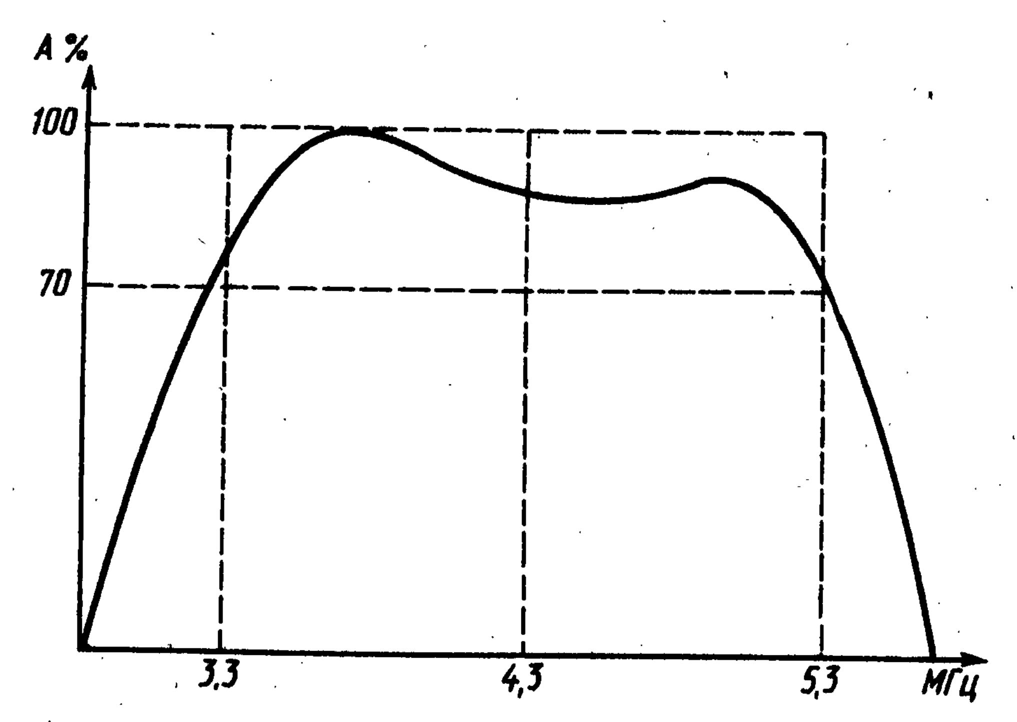


Рис. III. 24. Типовая амплитудно-частотная характеристика ультразвуковой линии задержки

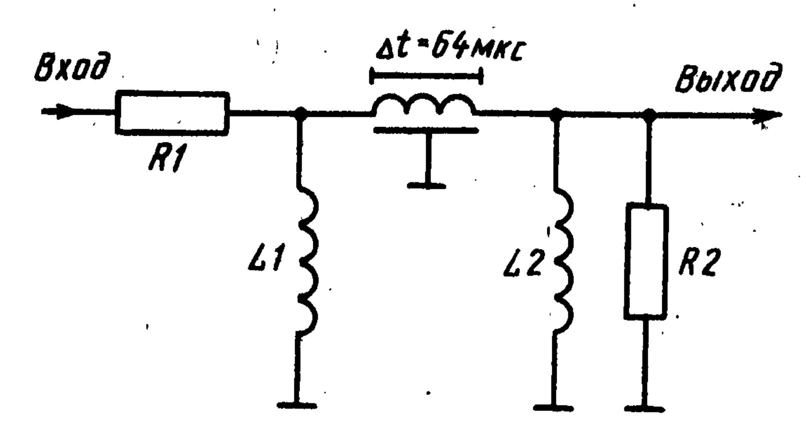


Рис. III. 25. Принципиальная схема согласования ультразвуковой линии задержки на входе и выходе

III. 20. Как устроены и работают электронный коммутатор и симметричный триггер телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

На рис. III. 26 приведена принципиальная схема электронного коммутатора и симметричного триггера. С нагрузок эмиттерных повторителей прямого канала сигнала цветности 2Т9 и задержанного канала 2Т16 (рис. III. 19 и III. 21) на вход электронного коммутатора поступают сигналы частотно-модулированных поднесущих сигналов цветности $Д'_R$ и $Д'_B$. Электронный коммутатор выполнен на четырех диодах 2Д19, 2Д20, 2Д21, 2Д22 типа Д9Е. Принцип работы таких электронных коммутаторов основан на свойствах полупроводниковых диодов пропускать электрические сигналы, если электронно-дырочный переход смещен в прямом направлении, и не пропускать их, если переход заперт внешним источником постоянного напряжения.

Проводимостью диодов управляют прямоугольные импульсы с частотой, равной половине частоты строчной развертки, которые вырабатываются симметричным триггером. Триггер выполнен на транзисторах 2Т11 и 2Т12 типа МП25Б по схеме коллекторно-базовой связи. Положительная обратная связь осуществляется через резисторы 2R113 и 2R114. Укорачивающие

конденсаторы 2С65 и 2С66 имеют небольшую емкость и предназначены для повышения надежности срабатывания схемы, а также для укорочения фронтов генерируемых импульсов. Автоматическое смещение осуществляется резистором 2R111. Питание на схему подается со стороны эмиттеров транзисторов от источника питания +24 В. Коллекторные нагрузки 2R115 и 2R116 заземлены, поэтому при запертом транзисторе на соответствующем ему резисторе потенциал близок к нулевому. Это позволяет подать импульсы, вырабатываемые триггером, на входы электронного коммутатора без переходных конденсаторов через резисторы 2R117 и 2R120.

В исходном состоянии, когда на симметричный триггер не подан запускающий импульс, один из его каскадов открыт, а другой заперт смещением, образованным на резисторе 2R111, созданным током эмиттера открытого транзистора. Чтобы произошло опрокидывание триггера на базу запертого транзистора, следует подать отпирающий отрицательный импульс (так как транзисторы 2Т11 и 2Т12 типа р-n-р). В этом случае 2-й каскад откроется, а 1-й запрется. Ряд таких запускающих импульсов превращает триггер в генератор коммутирующих импульсов. Запускающие импульсы формируются из импульсов обратного хода строчной развертки размахом минус 250 В, снимаемых со вторичной обмотки ТВС через разъемы Ш15 и Ш8 (контакт 6а). С помощью цепочки, состоящей из резистора 2R108 и диода 2Д9 типа КД109А, импульсы ограничиваются до величины минус 36 В. Затем уменьшенные в 6 раз делителем напряжения 2R109 2R118 импульсы дифференцируются цепочкой 2С68 и 2R119 и через диоды 2Д16 и 2Д17 типа Д9Е подаются на базы транзисторов 2Т11 и 2Т12. Положительные всплески продифференцированных импульсов через эти диоды не проходят, а отрицательные воздействуют поочередно

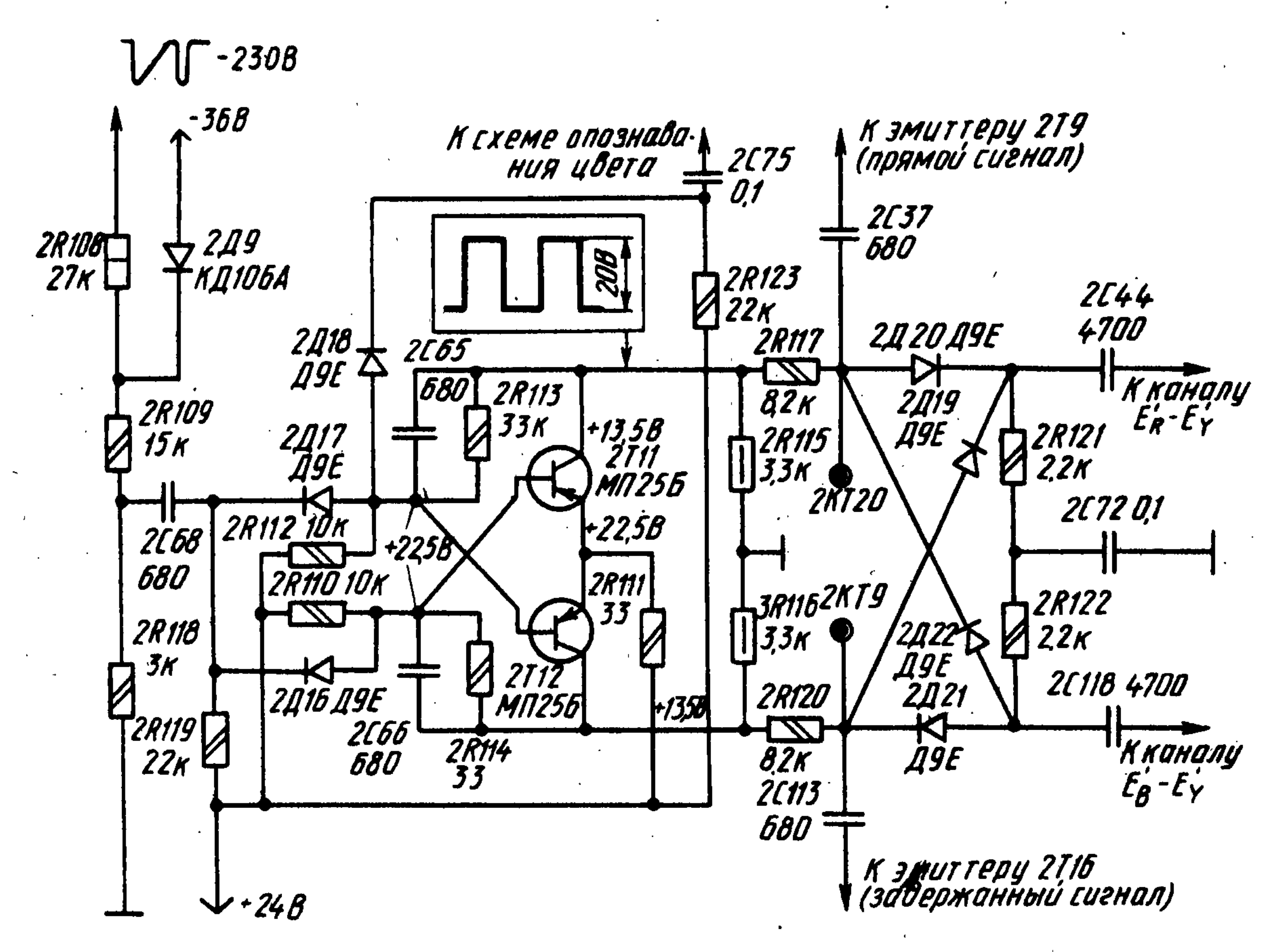


Рис. III.26. Принципиальная схема электронного коммутатора и симметричного триггера телевизора УЛПЦТ-59/61-II

на запертый каскад симметричного триггера, вызывая каждый раз переброс его состояния.

На коллекторных нагрузках симметричного триггера 2R115 и 2R116 выделяются биполярные прямоугольные импульсы: один — положительный, второй — отрицательный. Коммутирующие импульсы через резисторы 2R117 и 2R120 поступают на входы коммутатора. В эти же точки поступают сигналы частотно-модулированных поднесущих цветности: в точку 2КТ20 — прямой, в точку 2КТ9 — задержанный.

Схема электронного коммутатора работает следующим образом. Когда в точку 2КТ20 из канала прямого сигнала приходит поднесущая $Д'_R$, то в точку 2КТ9 из канала задержанного сигнала приходит поднесущая $Д'_B$ предыдущей строки. В этот момент в точку 2КТ20 от симметричного триггера поступает положительный коммутирующий импульс, в точку 2КТ9 — отрицательный. Под действием импульсов диагональные ветви электронного коммутатора запираются, а прямые — диоды 2Д20 и 2Д21 — отпираются, и сигналы беспрепятственно поступают в свои каналы. Сигнал $Д'_R$ через диод 2Д20 пойдет ко входу канала R—Y, сигнал $Д'_B$ через диод 2Д21 поступит на вход канала B—Y.

При передаче следующей строки в точке 2КТ20 окажется сигнал $Д'_B$, в точке 2КТ9 — сигнал $Д'_R$. Но при этом изменится и полярность коммутирующих импульсов. В точку 2КТ20 поступит отрицательный импульс, диод 2Д20 запрется, диод 2Д22 откроется, и сигнал $Д'_B$ из точки 2КТ20 через диод 2Д22 попадет на вход канала B — Y. В точку 2КТ9 поступит положительный импульс, который закроет диод 2Д21 и откроет диод 2Д19. Тогда сигнал $Д'_R$ из точки 2КТ9 через диод 2Д19 попадет на вход

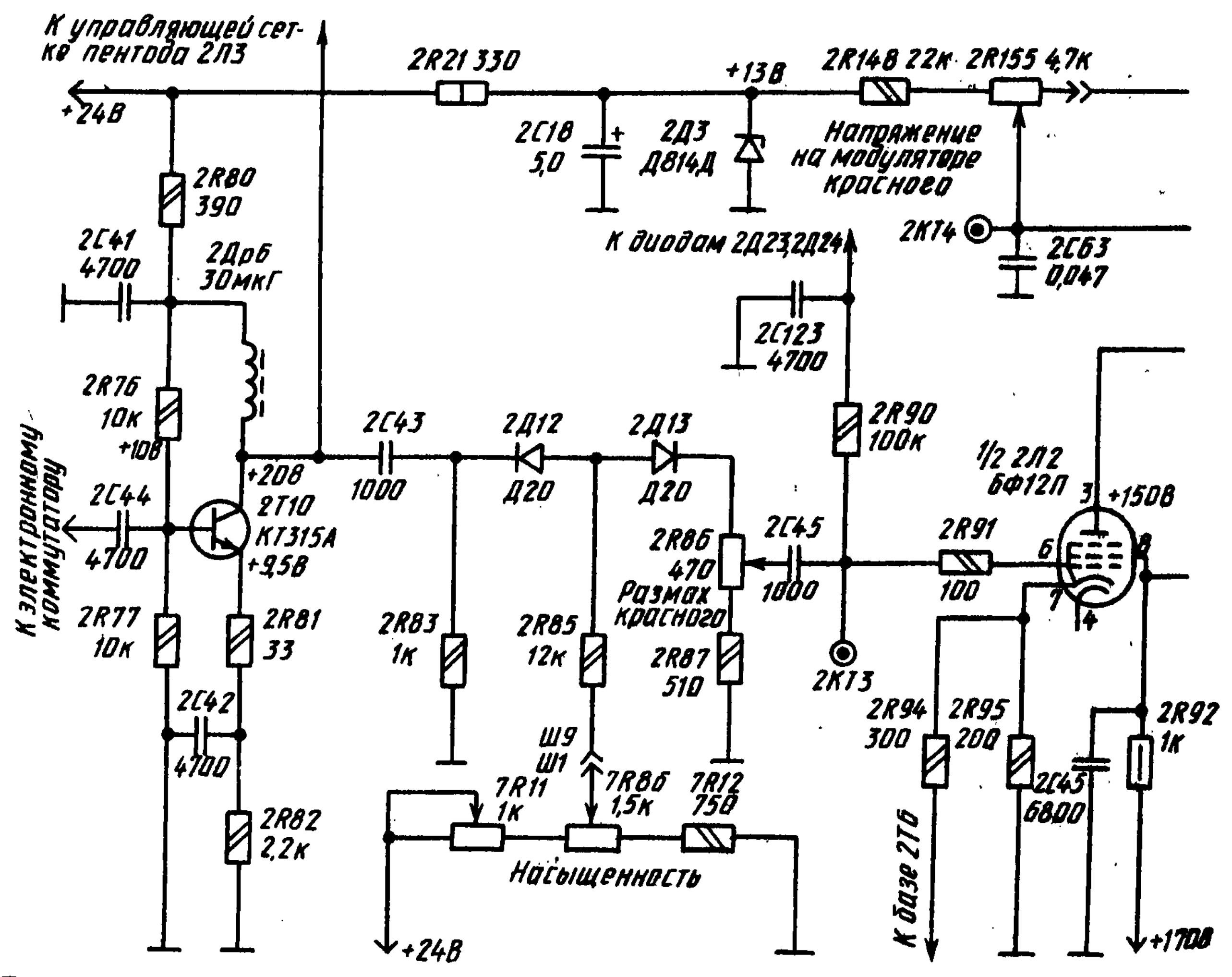


Рис. III. 27. Принципиальная схема каскадов формирования и усиления цветоразностного сигнала R—Y телевизора УЛПЦТ-59/61-II

канала R — Y. В результате под воздействием коммутирующих импульсов попеременно отпираются то прямые (диоды 2Д20 и 2Д21), то диагональные (диоды 2Д19 и 2Д22) ветви электронного коммутатора.

Если же переключение ветвей электронного коммутатора по какой-либо причине происходит в противоположной фазе, то на симметричный триггер через диод 2Д18 от схемы, опознавания цвета (рис. III. 30) поступит импульс переброса фазы, в результате чего правильность коммутации восстановится.

III. 21. Как устроены и работают каскады формирования и усиления цветоразностных сигналов телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Каскады предварительного усиления и демодуляции цветоразностных сигналов в каналах R — Y и B — Y по своей схеме совершенно идентичны и отличаются только полярностью включения диодов в частотных детекторах. Поэтому ограничимся рассмотрением одного из каналов R — Y, схема которого приведена на рис. III. 27.

С выхода электронного коммутатора через емкость 2С44 (рис. III. 26) сигналы поднесущей, модулированной сигналами $Д'_R$ поступают на базу транзистора 2Т10 типа КТ315А, который является усилителем с дроссельной нагрузкой. Его схема аналогична схеме усилителей, собранных на транзисторах 2Т8 в канале прямого сигнала (рис. III. 19) и 2Т15 — в канале задержанного сигнала (рис. III. 21). С дросселя 2Др6 усиленные сигналы через конденсатор 2С43 поступают на диодный ограничитель 2Д12, 2Д13 типа Д20, степень ограничения которого может изменяться примерно в три раза с помощью переменного резистора 7R86 «Насыщенность», расположенного в блоке управления. Напряжение для регулировки насыщенности поступает на диодный ограничитель через разъемы Ш1 и Ш19.

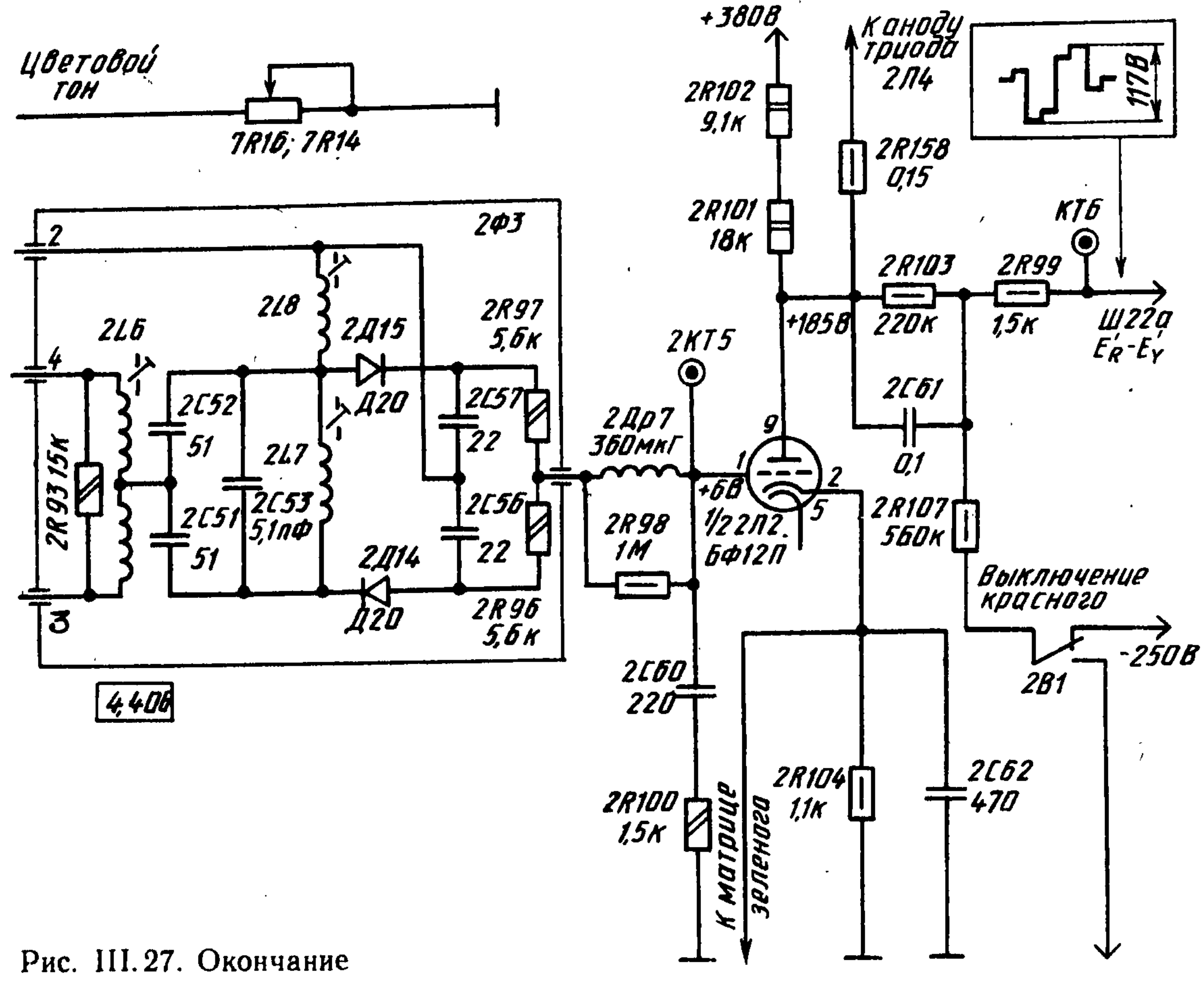


Рис. III.27. Окончание

С переменного резистора 2R86 «Размах красного» поднесущая подается через антипаразитный резистор 2R91 на управляющую сетку пентодной части лампы 2Л2 типа 6Ф12П. Нагрузкой лампы является первичный контур частотного детектора, состоящий из индуктивности 2L6, резистора 2R93, выходной емкости лампы и емкости монтажа. Средняя точка индуктивности 2L6 через конденсаторы 2C51 и 2C52 соединена с вторичным контуром частотного детектора 2L7 2C53. Температурные коэффициенты конденсаторов 2C51, 2C52 и 2C53 подобраны таким образом, чтобы скомпенсировать уход нулевой точки частотного дискриминатора при изменении окружающей температуры.

К концам вторичной обмотки индуктивности 2L7 подключены диоды частотного детектора 2Д14 и 2Д15 типа Д20. Фазосдвигающая обмотка 2L8 включена между одним из концов вторичной обмотки и средней точкой емкостного делителя, образованного конденсаторами 2C56 и 2C57. Эта точка является для дискриминатора заземленной по частоте сигнала.

Дискриминаторы — основные элементы блока цветности, осуществляющие демодуляцию частотно-модулированного сигнала цветности на поднесущих. К амплитудно-частотным характеристикам дискриминаторов блока цветности предъявляются повышенные требования. Основными из них являются:

1. Нулевые точки S-образных АЧХ (рис. III. 28) дискриминаторов должны находиться на частотах немодулированных поднесущих. Уход этих точек от перегрева и других внешних факторов не должен превышать ±14 кГц. Если уход превышает этот допуск, появляется заметная на глаз окраска черно-белых участков изображения.

2. Расстояние между максимумами S-образной АЧХ должно быть не менее 1,2 МГц. Невыполнение этого требования приводит к размытости переходов вдоль строки от одного цвета к другому.

3. Рабочий участок АЧХ дискриминаторов должен быть симметричным относительно нулевой точки, и нелинейность не должна превышать 5 % для девиации ±280кГц и 25 % — для девиации ±460 кГц. Если АЧХ дискриминатора оказывается несимметричной, то искажается форма цветоразностных сигналов, что в свою очередь приводит к погрешностям в цветопередаче.

На рис. III. 28 приведены характеристики дискриминаторов для декодирующего устройства, в котором цветоразностные сигналы подаются на сетки кинескопа через однокаскадные усилители, поворачивающие фазу сигналов на 180°. В этом случае наклон характеристики в канале R — Y должен быть положительным, а в канале B — Y — отрицательным.

На выходе дискриминаторов устанавливается дроссель (на рис. III. 27 — это 2Др7), который предотвращает проникновение остатков поднесущей частоты в выходные цепи демодулятора. Продетектированные цветоразностные сигналы снимаются с нагрузочных резисторов 2R96 и 2R97 и поступают на управляющую сетку триодной части лампы 2Л2 — усилитель цветоразностного сигнала. В катодной цепи лампы установлен резистор 2R104, на котором создается отрицательная обратная связь по току для улучшения линейности усиливаемых сигналов и для повышения стабильности анодного тока лампы при изменении напряжения источника питания и при старении ламп.

На резисторе 2R104 за счет прохождения анодного тока создается падение напряжения, равное примерно +7,5 В. Для создания нормального смещения через элементы вторичной цепи частотного детектора с переменного резистора 2R155 (рис. III. 27) на сетку лампы подается положительное напряжение меньше потенциала катода на величину, не-

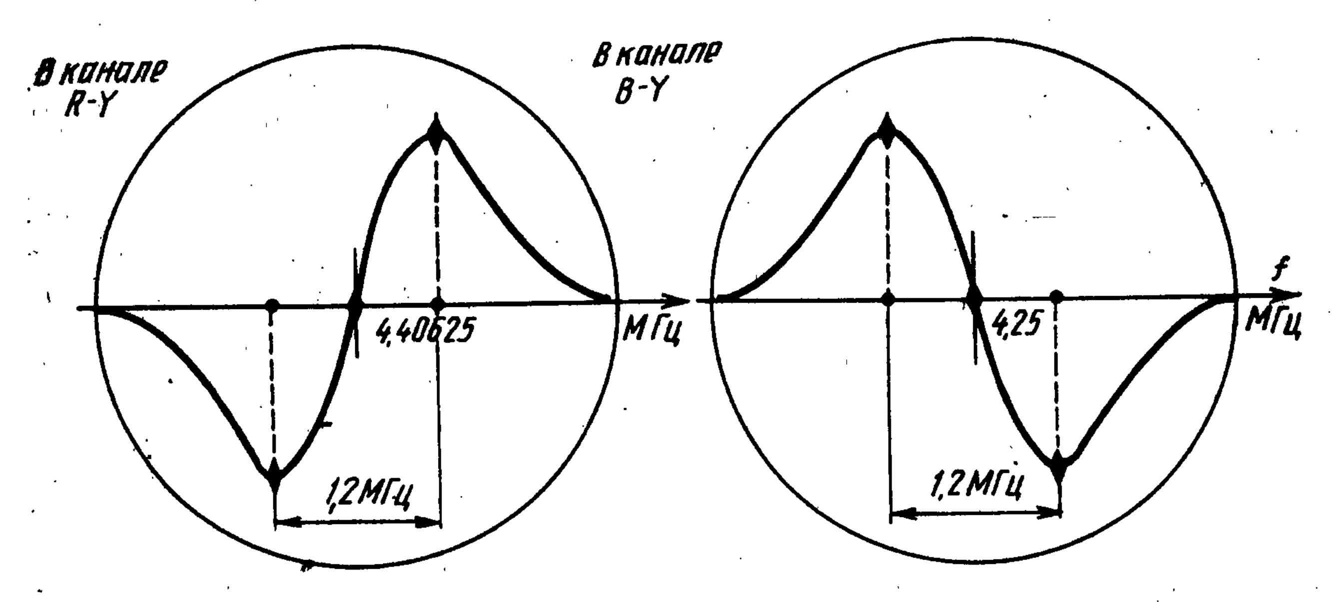


Рис. III. 28. Амплитудно-частотные характеристики дискриминаторов цветоразностных сигналов

сколько превышающую амплитуду сигнала цветности. Заземление переменного резистора 2R155 осуществляется через переменные резисторы регулировки цветового тона 7R14, 7R16, расположенные в блоке управления (рис. III. 3). В цепи управляющей сетки происходит коррекция низкочастотных предыскажений цепочкой 2R100 2C60.

На анодной нагрузке лампы 2Л2, состоящей из двух резисторов 2R101 и 2R102, выделяется усиленный до требуемого размаха видеосигнал $E'_R-E'_Y$, поступаемый на модулятор красной пушки цветного кинескопа. Переменная составляющая цветоразностного сигнала передается на модулятор полностью через конденсатор 2C61, а постоянная составляющая — через делитель напряжения 2R103 и 2R107. Резистор 2R99, через который видеосигнал подается на модулятор кинескопа, защищает схему от возможных пробоев в кинескопе. Питание анодных цепей лампы 2Л2 осуществляется: пентодной части — от источника напряжения + 170 В, триодной — от источника + 380 В. Технологический тумблер 2В1 служит для выключения отдельных пушек кинескопа, что необходимо для регулировок баланса белого, статического и динамического сведений, проверки правильных соотношений между размахами яркостного и цветоразностных сигналов.

III.22. Как устроен каскад формирования цветоразностного сигнала $E'_G-E'_Y$, зеленого (декодирующая матрица) в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II?

Каскад формирования цветоразностного сигнала зеленого $E'_G-E'_Y$, схема которого приведена на рис. III. 29, использует катодную матрицу, образованную резисторами 2R154 2R156 2R157. В цепь катода триода лампы 2Л3 типа 6Ф12П с катодных резисторов 2R104 и 2R215 выходных усилителей каналов красного и синего подаются видеосигналы $E'_R-E'_Y$ и $E'_B-E'_Y$. Для получения зеленого цветоразностного сигнала $E'_G-E'_Y$ из сигналов $E'_R-E'_Y$ и $E'_B-E'_Y$ используется соотношение

$$E'_G-E'_Y=0{,}51\ (E'_R-E'_Y)-0{,}19\ (E'_B-E'_Y).$$

Катодная матрица зеленого в данном блоке построена исходя из того, что на первых сетках и, следовательно, на катодах оконечных каскадов красного и синего цветоразностные сигналы отрицательны. Положительными эти сигналы становятся на анодах после усиления

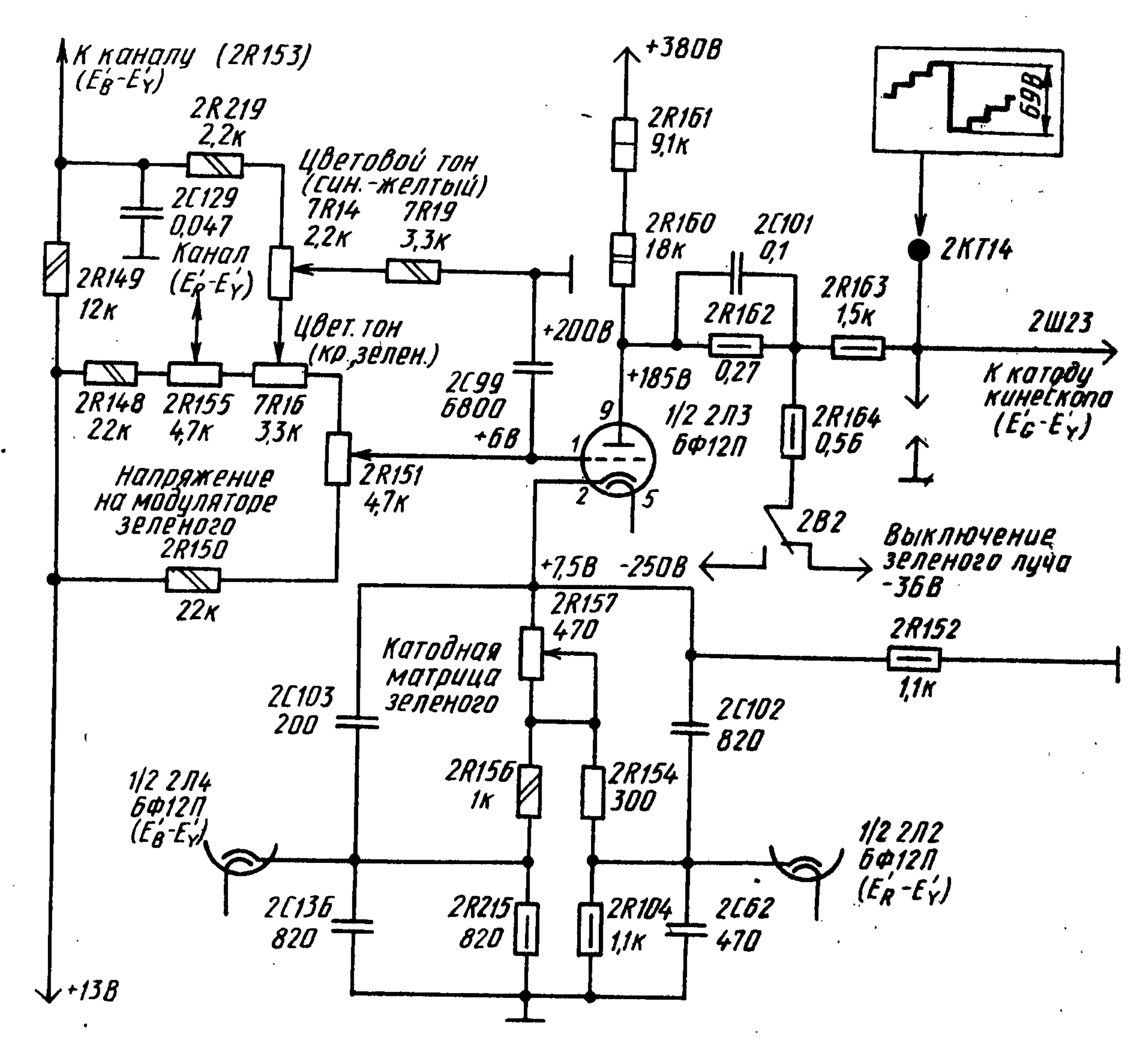


Рис. III. 29. Принципиальная схема каскада формирования цветоразностного зеленого $E_G' - E_Y'$ сигнала в телевизоре УЛПЦТ-59/61-II

и поворота фазы на 180°. На катоде лампы 2Л3, куда поступают сигналы красного через резистор 2R154, а сигналы синего — через резистор 2R156, образуется положительный сигнал зеленого. Триод 2Л3 для этого сигнала является усилителем с «заземленной» сеткой, который не изменяет фазу усиливаемого сигнала. Поэтому и на аноде лампы 2Л3 образуется усиленный до требуемого размаха положительный сигнал $E_G' - E_Y'$.

С помощью подстроечного резистора 2R157 «Катодная матрица зеленого» в некоторых пределах можно изменять размах зеленого цветоразностного сигнала для установки правильных соотношений между сигналами яркости и цветности. Это возможно потому, что во всех трех усилителях цветоразностных сигналов выбирают одинаковые номиналы анодных нагрузок. Сопротивления в катодах делают также одинаковыми. Тогда при одинаковых анодных токах трех ламп катодные потенциалы оказываются одинаковыми, что позволяет при регулировке матрицирования в силу эквивалентности катодов не влиять на режим каскадов.

Оптимальная полоса частот усилителей трех цветоразностных сигналов устанавливается с помощью конденсаторов 2С62 и 2С136 (красного и синего сигналов) 2С102 и 2С103 (зеленого). В цепи управляющей сетки лампы 2Л3 усилителя сигнала $E_G' - E_Y'$ установлен переменный

резистор 2R151 «Напряжение на модуляторе зеленого» для установки рабочей точки. Для усилителя сигнала $E'_B - E'_Y$ применен постоянный делитель напряжения 2R149 2R219. Поэтому при регулировке режима кинескопа в качестве исходного принимается напряжение на модуляторе синей пушки кинескопа, в соответствии с которым при помощи переменных резисторов 2R151 и 2R155 устанавливаются постоянные напряжения (от +80 до +110 В) на двух других модуляторах красной и зеленой пушек.

Переменные резисторы 2R151 и 2R155, резистор 2R219 через разъем Ш9, блок радиоканала и разъем Ш1 на блоке управления (рис. III. 3) соединены с регуляторами цветового тона 7R14 и 7R16, выведенными на переднюю панель. Этими регуляторами можно в небольших пределах изменить баланс белого (вопросы II. 4, II. 8, п. 10), придавая желаемую окраску изображения. При старении ламп или уменьшении тока эмиссии отдельными электронными пушками можно с помощью регуляторов цветового тона восстановить изменившийся со временем баланс белого.

Выключатели 2В1, 2В2 и 2В3 (рис. III.27 и III.29) отключают (запирают) отдельные пушки кинескопа, что позволяет регулировать баланс белого, статическое и динамическое сведение лучей кинескопа (вопросы II. 4 — II. 6), проверять правильность соотношений между яркостными и цветоразностными сигналами и т. д.

В схеме блока цветности УЛПЦТ-59/61-II, выполненном на дискретных деталях, перекрестные искажения цветового тона обусловлены в основном связью между каналами через катодную матрицу зеленого сигнала. Поэтому между анодами оконечных усилителей сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} включен резистор 2R158, через который возникают перекрестные искажения противоположного знака. Благодаря этому происходит компенсация до минимальной величины проникающих через катодные цепи и усиливаемых лампами паразитных сигналов. Полярность сигналов в катодной цепи отрицательна. Усиленные лампой эти сигналы выделяются на анодной нагрузке в той же полярности (для паразитных сигналов лампа работает как усилитель с заземленной сеткой). В то же время полезные сигналы, усиленные лампой, изменяются по фазе и становятся положительными, поэтому те же составляющие этих сигналов, складываясь с отрицательными паразитными сигналами, компенсируют их. Величина компенсирующего резистора рассчитывается ориентировочно и подбирается экспериментально.

III. 23. Как устроена и работает схема цветовой синхронизации телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Для автоматического открывания каналов цветности и для обеспечения правильной фазы работы электронного коммутатора при приеме цветного изображения служит система цветовой синхронизации (система опознавания). Состоит она из частотного детектора импульсов опознавания, зарядно-разрядного устройства и ждущего мультивибратора (рис. III. 30).

Частотно-модулированный сигнал, содержащий импульсы опознавания, с коллектора 2Т10 канала R—Y (рис. III. 26) через конденсатор 2С93 поступает на управляющую сетку пентода лампы 2Л3 типа 6Ф12П частотного детектора импульсов опознавания (рис. III. 30). На первую сетку этой лампы через резистор 2R132 поступает запирающее напряжение минус 13 В, а через резистор 2R131 — компенсирующие его положительные импульсы кадровой частоты, совпадающие по времени с обратным ходом кадровой развертки. В результате лампа оказывается открытой только во время передачи импульсов опознавания, чем обеспечивается необходимая помехоустойчивость схемы.

Кадровые импульсы формируются ждущим мультивибратором на транзисторах 2Т1 и 2Т2 типа МП25Б, запуск которого производится положительными импульсами обратного хода по кадру. Цепочка, состоящая из конденсатора 2С1 и резистора 2R8, производит дифференцирование импульса, а делитель напряжения 2R8 2R9 отсекает от них пилообразную часть, на которой в результате работы схемы коррекции геометрических искажений растра имеются строчные импульсы (вопрос III. 35).

Диод 2Д1 типа КД109А пропускает на базу транзистора 2Т1 только положительные пики продифференцированных импульсов. Допустим, в нормальном состоянии мультивибратора 1-й каскад его открыт, а 2-й — заперт. При воздействии на базу 1-го каскада положительного импульса этот каскад запирается и на его нагрузке 2R3, 2R10 вырабатывается отрицательный импульс, который отпирает транзистор 2Т2 и вводит его в насыщение. Время нахождения 2-го каскада в состоянии насыщения определяется постоянной времени цепочки 2С3 . 2R7 и размахом импульса, снимаемого с резистора 2R10. При открывании транзистора 2Т2 на его коллекторной нагрузке 2R5, 2R6 вырабатывается положительный импульс.

По мере разряда конденсатора 2С3 транзистор 2Т2 выходит из насыщения и начинает запираться. Конденсатор 2С2 при этом способствует быстрому отпиранию транзистора 2Т1. Происходит скачок в исходное состояние, и конденсатор 2С3 быстро разряжается на малое сопротивление открытого транзистора 2Т1. Поэтому задний фронт импульса так же, как и передний, имеет достаточную крутизну. Длительность импульса, вырабатываемого ждущим мультивибратором, с помощью 2R10 устанавливается примерно равной 850 мкс с расчетом, чтобы пропускались семь строк опознавания цвета (вопрос VII. 18). Питание транзисторов 2Т1 и 2Т2 осуществляется от источника напряжения +24 В.

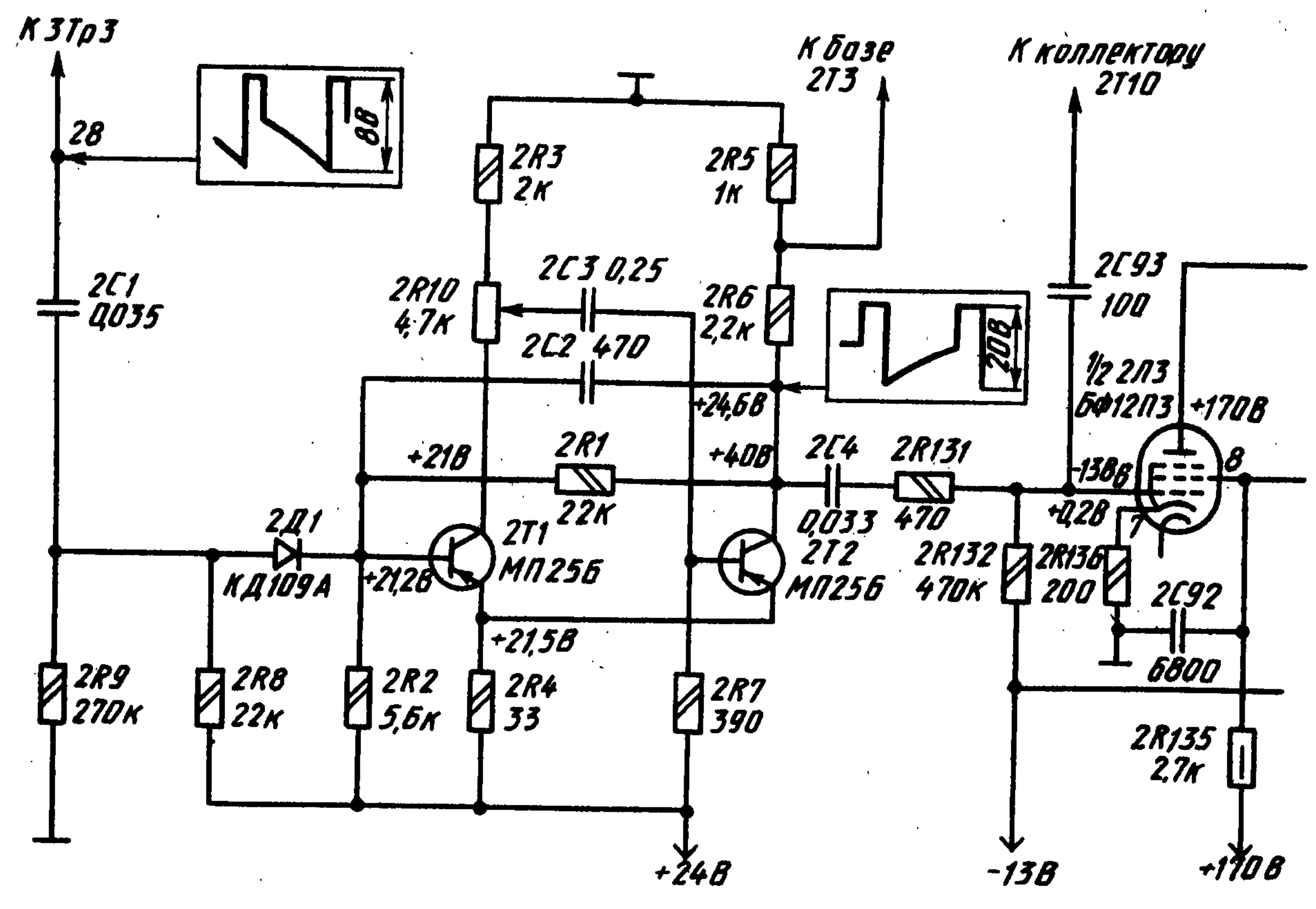


Рис. III. 30. Принципиальная схема каскадов цветовой синхронизации телевизора УЛПЦТ-59/61-II

Сформированный импульс с части коллекторной нагрузки транзистора 2Т2 резистора 2R5 снимается на схему гашения обратного луча по кадрам, а со всей нагрузки 2R5 2R6 — на управляющую сетку пентодной части лампы 2Л3. Питание анодных и экранных цепей лампы осуществляется от источника напряжения + 170 В.

Анодной нагрузкой лампы 2Л3 является фильтр 2Ф4 дискриминатора импульсов опознавания, который по схеме и конструкции аналогичен дискриминаторам красного и синего каналов (рис. III. 27) и отличается от них отсутствием шунта в первичной обмотке и тем, что конденсатор 2С87 включен между потенциальным концом индуктивности 2L10 и шасси.

Следует сказать, что от дискриминатора импульсов опознавания не требуется высокой линейности S-кривой и стабильности нулевой точки. Экстремальные точки характеристики должны находиться на частотах, соответствующих девиации частоты при передаче импульсов опознавания ±350 кГц от соответствующих поднесущих, то есть 3,9 и 4,756 МГц. На рис. III. 31 показана АЧХ детектора.

Диоды дискриминатора 2Д25 и 2Д26 типа Д20 включены таким образом, чтобы импульсы опознавания, выделяемые на выходе, имели положительную полярность при правильной фазе коммутации сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$ (вопрос III. 20). При неправильной фазе, когда в канал R — У поступает сигнал $Д'_B$, импульсы опознавания становятся отрицательными и через цепочку 2R134, 2С75 подаются на катод диода 2Д18 (рис. III. 26) симметричного триггера для переброса фазы коммутатора.

Конденсатор 2С80, включенный на выходе дискриминатора опознавания, отфильтровывает шумы, а интегрирующая цепочка 2R128 2С79 превращает последовательные строки опознавания в один широкий импульс. Этот импульс через эмиттерный повторитель на транзисторе 2Т13 типа КТ315А подается на зарядно-разрядное устройство автоматического выключателя цветности (вопрос III. 24).

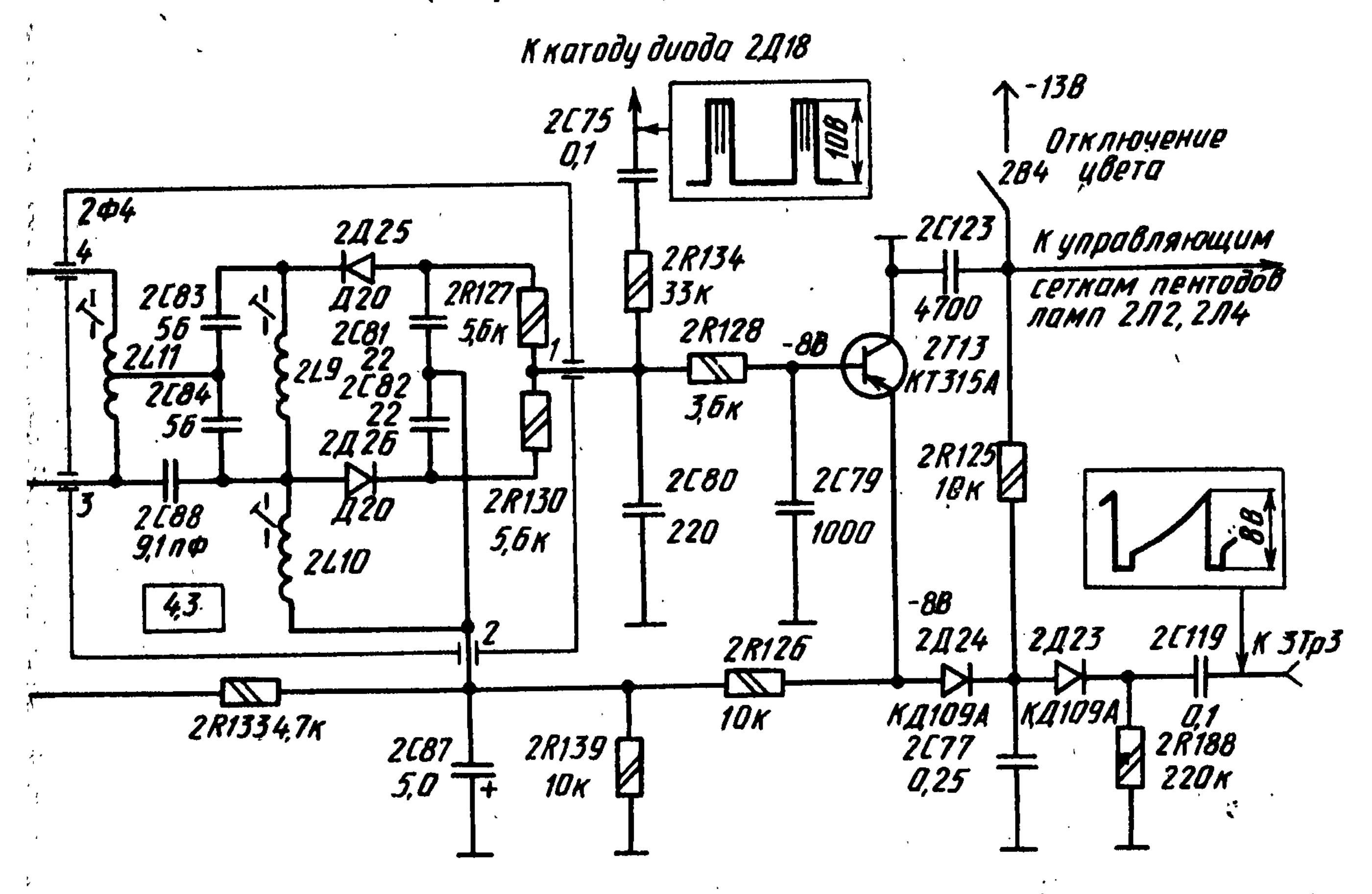


Рис. III.30. Окончание

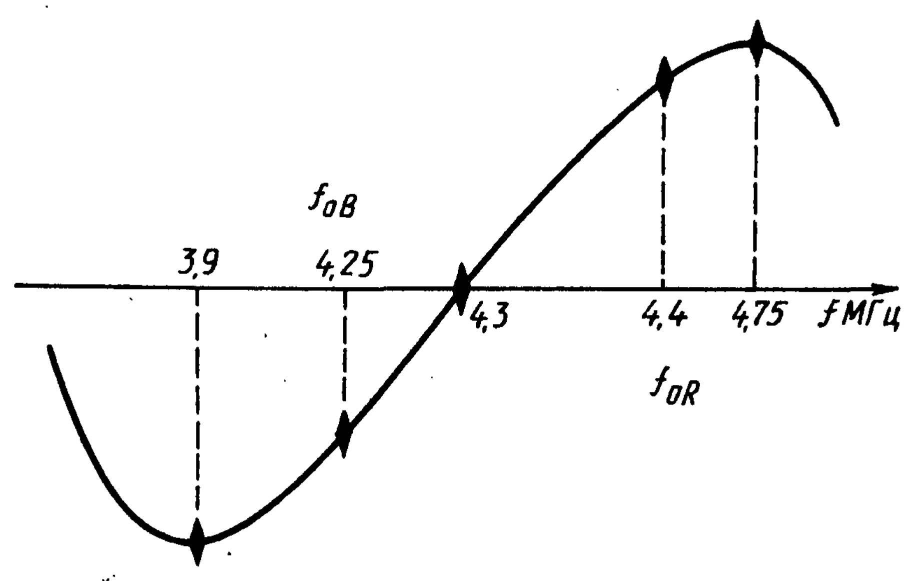


Рис. III. 31. Амплитудно-частотная характеристика дискриминатора импульсов опознавания

III. 24. Как устроена и работает схема автоматического включения и выключения блока цветности телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Принципиальная схема устройства показана на рис. III. 30. Она построена на диодах 2Д23, 2Д24 и конденсаторе 2С77. Во время прямого хода по кадру транзистор 2Т13 заперт и напряжения на его базе и эмиттере составляют примерно минус 8 В. Одновременно с началом обратного хода по кадру на зарядно-разрядное устройство поступает импульс, снимаемый с ТВК (3Тр3 на рис. III. 32) через конденсатор 2С119. При этом диоды 2Д23 и 2Д24 отпираются, и конденсатор 2С77 заряжается до потенциала эмиттера транзистора 2Т13, то есть примерно до минус 6 В, если учесть, что транзистор 2Т13 также отпирается и на резисторе 2R126 происходит падение напряжения на величину, приблизительно равную 2 В. По окончании действия импульса диоды 2Д23 и 2Д24 вновь запираются: первый — из-за уменьшения напряжения на его катоде до нуля, второй — из-за того, что потенциал на его аноде становится равным минус 8 В. Таким образом, конденсатор 2С77 остается заряженным до напряжения минус 6 В. Это напряжение через резистор 2R125 и сопротивления утечек 2R90 (рис. III. 26) и 2R202 подается на управляющие сетки пентодов ламп 2Л2 и 2Л4 и закрывают их, выключая цветность. При приеме черно-белого изображения, в сигнале которого отсутствуют импульсы опознавания, блок цветности остается запертым на все время передачи.

С началом передачи цветного изображения и правильной фазе работы электронного коммутатора положительные импульсы опознавания интегрируются цепочкой 2R128 2С79 и поступают на базу транзистора 2Т13, который при этом открывается, конденсатор 2С77 через диод 2Д24 и открытый транзистор 2Т13 быстро разряжается. Напряжение на конденсаторе становится близким к нулю, лампы частотных детекторов цветоразностных сигналов открываются, а блок цветности нормально функционирует. Процесс заряда и разряда конденсатора 2С77 повторяется в течение каждого полукадра во время обратного хода развертки. На случай неисправности, а также для некоторых регулировочных операций предусмотрено ручное выключение цветности с помощью тумблера 2В4. Имеется возможность переключателем 2В4 принудительно закрывать пентоды 2Л2 и 2Л4 выходных усилителей цветоразностных сигналов красного и синего каналов, подавая на их управляющие сетки отрицательное напряжение минус 13 В.

III.25. Как устроена и работает кадровая развертка телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Основные отличия кадровой развертки цветных телевизоров от черно-белых заключаются в том, что кадровая развертка дополнительно участвует в формировании пилообразного и параболического напряжений для схемы динамического сведения лучей кинескопа (вопрос III. 36), управляет работой схемы цветовой синхронизации (вопрос III. 23), участвует в гашении обратного хода луча по кадру, в коррекции геометрических искажений изображения по вертикали (подушкообразные искажения, вопрос III. 35). Кроме того, кадровая развертка цветных телевизоров отличается способом центровки изображения, а также большой мощностью, развиваемой в этих каскадах и потребляемой от источников питания.

Кадровая развертка (рис. III. 32) состоит из задающего генератора, эмиттерного повторителя, выходного каскада и каскада формирования линейно-параболического тока для блока сведения. Питание транзисторов кадровой развертки осуществляется от источников напряжения + 29 и + 30 В.

Задающий генератор собран по схеме одноемкостного мультивибратора с коллекторно-базовыми связями на транзисторах 3T1 типа МП25А и 3T2 типа ГТ402В. Характерными для такой схемы являются периодические заряд и разряд конденсатора 3C31. Во время заряда последнего (по цепи + 29 В, эмиттерно-базовый переход транзистора 3T2, конденсатор 3C31, резистор 3R37, минус источника) транзистор 3T2 полностью открыт, а 3T1 — закрыт. По мере заряда конденсатора 3C31 ток базы транзистора 3T2 уменьшается и транзистор выходит из насыщения. Это приводит к открыванию транзистора 3T1 и запиранию транзистора 3T2. Затем конденсатор 3C31 разряжается, что приводит к запиранию транзистора 3T2. В промежуток времени, пока транзистор 3T2 закрыт, конденсаторы 3C33 и 3C34 заряжаются от источника напряжения + 29 В через резисто-

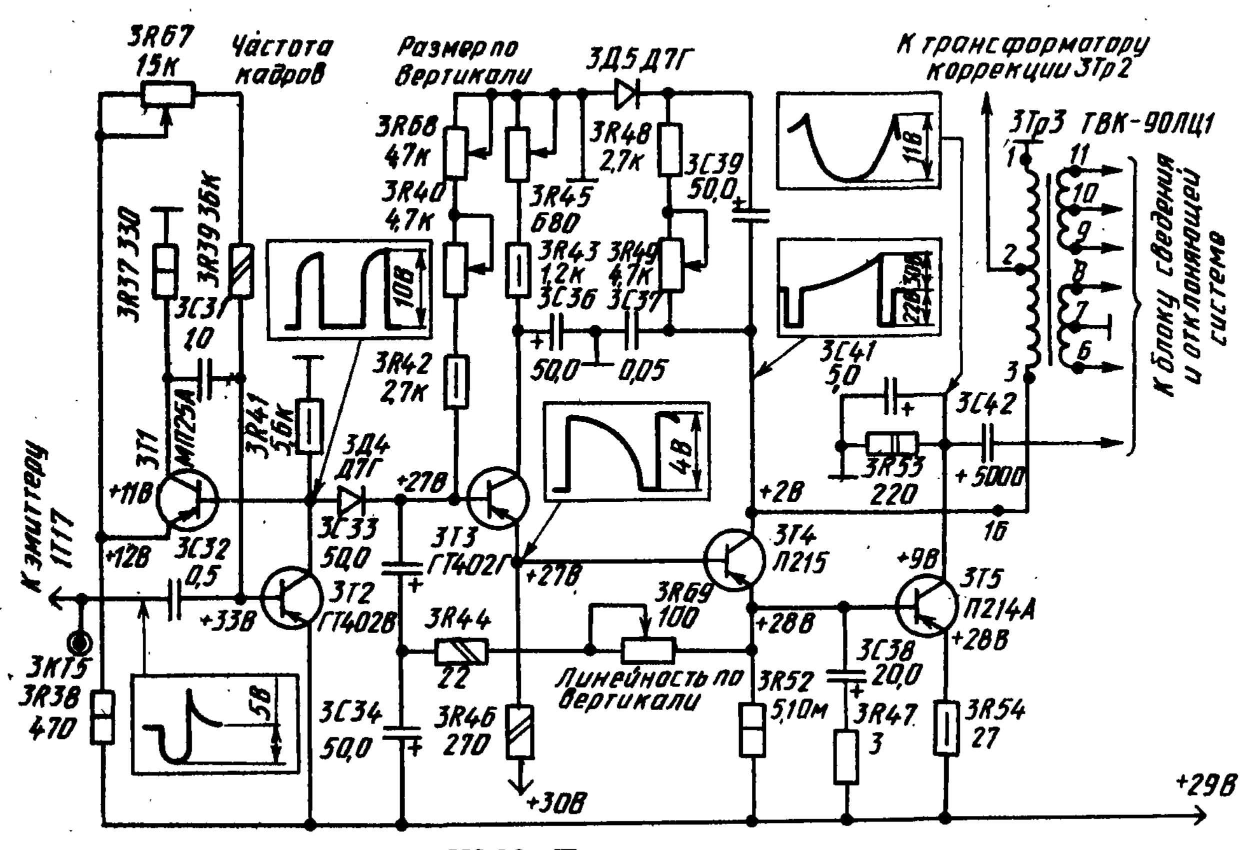


Рис. III.32. Принципиальная схема кадровой развертки телевизора УЛПТЦ-59/61-II

ры 3R68, 3R40, 3R42. Затем осуществляется разряд конденсатора 3C31 (по цепи транзистор 3T1, резисторы 3R67 и 3R39), который вызывает уменьшение положительного напряжения в цепи базы транзистора 3T2. Когда это напряжение становится меньше напряжения отпирания, транзистор 3T2 открывается.

Положительное напряжение на его коллекторе уменьшается, диод 3Д4 типа Д7Г открывается и конденсаторы 3C33 и 3C34 разряжаются через транзистор 3T2 и диод 3Д4. Таким образом формируется пилообразное напряжение, которое поступает на базу транзистора 3T3 типа ГТ402Г, выполняющего функцию эмиттерного повторителя.

Частота колебаний мультивибратора регулируется переменным резистором 3R67, который изменяет постоянную времени цепи разряда конденсатора 3C31. Синхронизация мультивибратора производится импульсами отрицательной полярности, которые с эмиттера транзистора 1T17 (рис. III. 12) через конденсатор 3C32 поступают в цепь базы транзистора 3T2.

Эмиттерный повторитель, выполненный на транзисторе 3T3 типа ГТ402Г, предназначен для согласования высокого выходного сопротивления коллекторной цепи транзистора 3T2 с малым входным сопротивлением цепи базы транзистора 3T4 выходного каскада. Между общей точкой соединения конденсаторов 3C33, 3C34 и эмиттером транзистора 3T4 включена цепочка положительной обратной связи 3R44 3R69. Она предназначена для формирования параболической составляющей управляющего напряжения. Эта составляющая создается на конденсаторе 3C34, где происходит интегрирование импульсов, выделяющихся на резисторе 3R52. Величина и форма параболической составляющей напряжеиия регулируются переменым резистором 3R69 «Линейность по вертикали». За счет действия обратной связи пилообразное напряжение на базе транзистора 3T3 приобретает пилообразно-параболическую форму. В коллекторную цепь транзистора 3T3 включена цепочка, состоящая из резисторов 3R43, 3R45 и конденсатора 3C36, которая предназначена для ограничения тока и напряжения. Переменный резистор 3R45 позволяет подобрать наиболее оптимальный режим транзистора 3T3 и соответственно 3T4, с которым связан по постоянному току.

Выходной каскад кадровой развертки собран на транзисторе 3T4 типа П215 по схеме с общим эмиттером. В коллекторную цепь транзистора включена по автотрансформаторной схеме первичная обмотка трансформатора 3Тр3 типа ТВК-90ПЦ-1. Вывод 2-й обмотки через катушку 3L4 и обмотку 1 — 2 трансформатора коррекции подушкообразных искажений 3Тр2 (вопрос III. 35) соединен с одним из выводов кадровых отклоняющих катушек. Другой вывод этих катушек через конденсатор 3C47 соединен с обмоткой трансформатора и движком переменного резистора 4R11 «Центровка по вертикали».

Демпфирующая цепь 3R48 3R49 3C39 3Д5 предназначена для ограничения размаха импульсов обратного хода, возникающих в первичной обмотке 3Тр3. При этом переменный резистор 3R49 устанавливается таким образом, чтобы длительность обратного хода кадровой развертки не превышала предельно допустимой величины — 1100—1200 мкс.

Напряжение автоматического смещения в цепи базы транзистора 3T4 создается на резисторе 3R52. Во время рабочего хода, когда транзистор 3T4 открыт, происходит заряд конденсатора 3C38, подключенного к цепи эмиттера транзистора через резистор 3R47. Во время обратного хода конденсатор 3C38 разряжается через резисторы 3R47, 3R52. Возникающий при этом импульс положительной полярности запирает транзистор 3T4, предохраняя его от пробоя.

Формирование линейно-параболического напряжения для схемы сведения лучей кинескопа по вертикали осуществляется транзистором 3Т5 типа П214А. На базу последнего с резистора 3R52 поступает напряжение линейно-параболической формы. Резистор 3R54, включенный в цепь эмиттера, ограничивает потребление тока от источника питания. С коллекторной нагрузки 3R53 3С41 через конденсатор 3С42 и разъем Ш11 (контакт 2) линейно-параболическое напряжение подается на плату сведения лучей (вопрос III. 36).

III. 26. Как устроен задающий генератор строчной развертки телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Задающий генератор строчной развертки собран на пентодной части лампы 3Л1 типа 6Ф1П (рис. III. 33) и является генератором синусоидальных колебаний с частотой 15625 Гц.

Экранирующая сетка лампы 3Л1 выполняет роль анода лампы задающего генератора, собранного по схеме емкостной трехточки. Контур генератора 3L1 3С13 3С16 включен между управляющей и экранирующей сетками пентодной части лампы 3Л1. Частота генератора регулируется изменением индуктивности катушки 3L1 (грубо) и переменным резистором 3R65 (плавно), изменяющим величину напряжения на управляющей сетке триодной части лампы 3Л1. Формирование управляющего напряжения для выходного каскада строчной развертки осуществляется в анодной цепи пентодной части лампы 3Л1.

Во время прямого хода, когда пентодная часть лампы 3Л1 закрыта

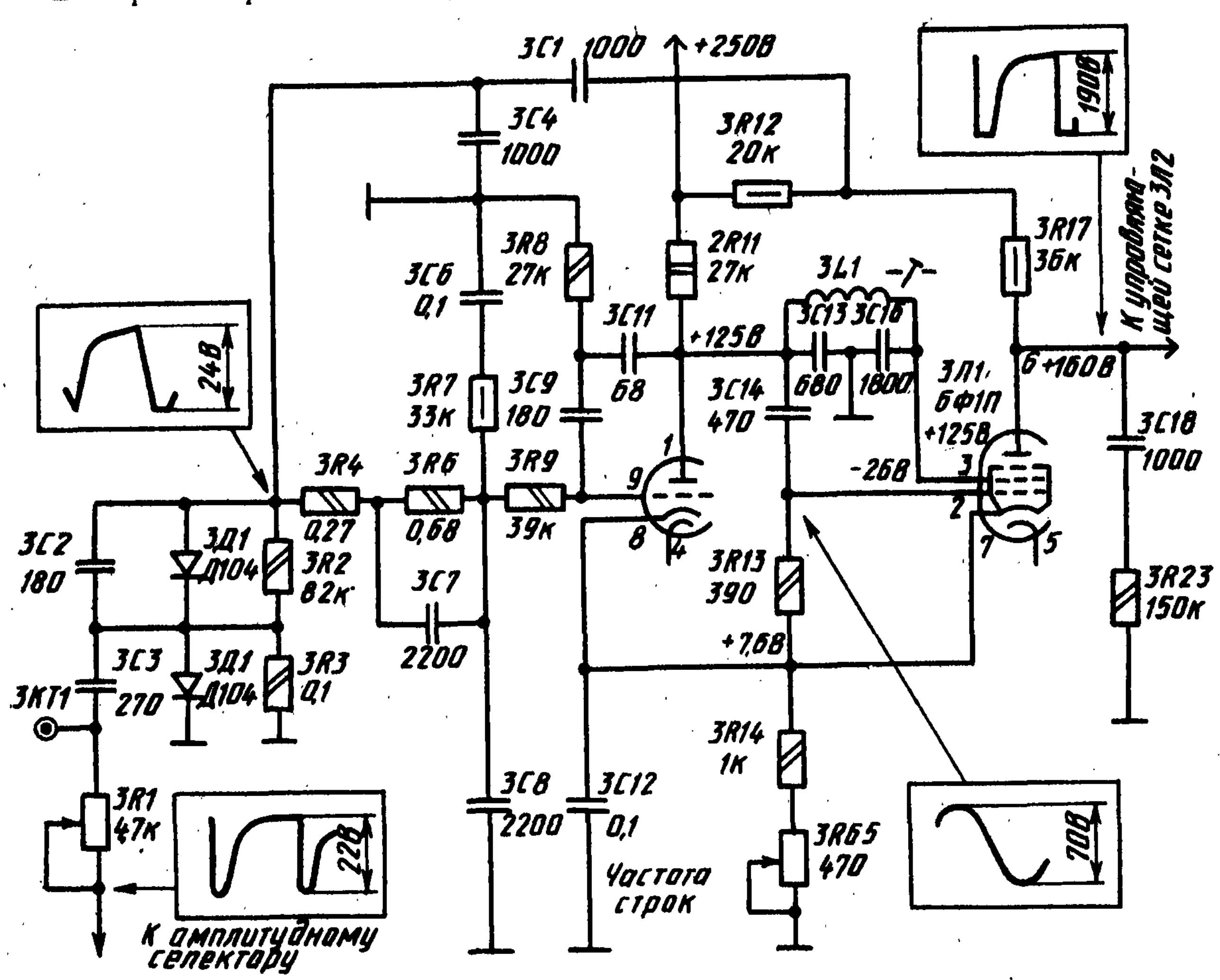


Рис. III. 33. Принципиальная схема автоматической подстройки частоты и фазы задающего генератора строчной развертки телевизора УЛПЦТ-59/61-II

отрицательным напряжением смещения на ее управляющей сетке, от источника питания +250 В через резистор 3R12 происходит заряд конденсаторов 3C1, 3C4. Обратная связь в генераторе подобрана такой, чтобы в положительные полупериоды синусоидального напряжения на первой сетке лампы возникали сеточные токи. За счет этих токов заряжается конденсатор 3R14 и через резистор 3R13 протекает ток, создающий на нем отрицательное по отношению к управляющей сетке напряжение. В результате происходит отсечка анодного тока пентода в отрицательные полупериоды синусоидального напряжения на управляющей сетке и ограничение его в положительные полупериоды. В отрицательные полупериоды пентод лампы 3Л1 закрыт, в положительные — открыт. В анодной цепи пентода при этом формируется пилообразно-импульсное напряжение. Когда лампа закрыта, через резисторы 3R12, 3R17, 3R23 происходит заряд конденсаторов 3C18, 3C1, 3C4. При открывании ее верхушками положительной волны синусоидального напряжения происходит разряд конденсаторов и в анодной цепи лампы возникают прямоугольные отрицательные импульсы с большой крутизной фронта, используемые для запирания выходной лампы строчной развертки при обратном ходе лучей. Резисторы 3R13, 3R14 и конденсатор 3C14 устанавливают необходимую длительность и амплитуду запирающего импульса, определяющую время обратного хода.

III.27. Как осуществляется автоматическая подстройка частоты и фазы (АПЧиФ) задающего генератора строчной развертки телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Подстройка осуществляется фазовым дискриминатором, управляющее напряжение с которого подается на управляющую сетку реактивной лампы, подключенной параллельно к колебательному контуру задающего генератора. Промежуток анод — катод триода лампы 3Л1 (рис. III. 33) эквивалентен конденсатору, емкость которого зависит от режима лампы. Ее режим определяется напряжением на резисторах 3R14 и 3R65, по которым протекают анодные токи лампы 3Л1 и постоянным напряжением, поступающим с дискриминатора АПЧиФ. Последнее зависит от разности между частотой и фазой синхронизирующих импульсов и синусоидальных колебаний задающего генератора. Таким образом, реактивная лампа преобразует изменение постоянного напряжения, возникающего на выходе схемы АПЧиФ, в изменение емкости контура задающего генератора.

АПЧиФ собрана по схеме несимметричного фазового дискриминатора на диодах 3Д1, 3Д2 типа Д104, конденсаторах 3C2 3C3 и резисторах 3R2, 3R3. На дискриминатор через делитель 3C1, 3C4 поступает пилообразное напряжение, а через резистор 3R1 с амплитудного селектора через разъемы Ш7 (контакт 8а) и Ш8 (контакт 4в) — синхронизирующие импульсы отрицательной полярности. Резисторы 3R6, 3R4 и конденсатор 3C8 образуют фильтр нижних частот, а цепочка 3R7 — 3C6 демпфирует колебательный процесс, возникающий при резком изменении частоты задающего генератора, ускоряя введение его в синхронизм. Резистор 3R9 препятствует замыканию на шасси синусоидального напряжения, через конденсатор 3C9 поступающего в сеточную цепь лампы. Конденсатор 3C12 шунтирует на корпус переменную составляющую в катодной цепи.

III. 28. Как устроен выходной каскад строчной развертки телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Выходной каскад выполнен на лампе 3Л3 (рис. III.34), пентоде типа 6П42С (или 6П45С) и демпферном диоде 3Л4 типа 6Д22С. На управляющую сетку лампы 3Л3 через конденсатор 3C17 и резистор 3R56 с за-

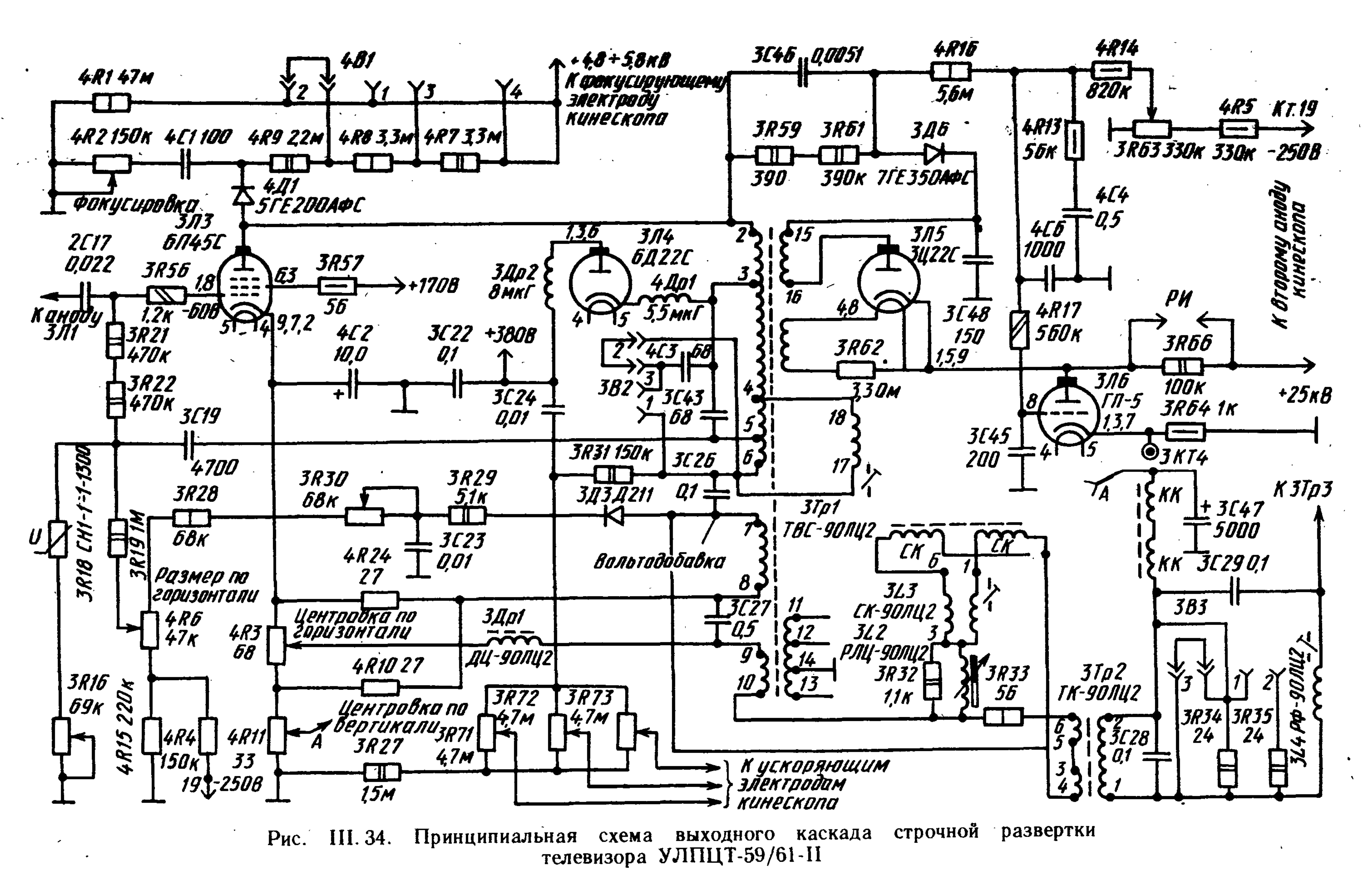


Рис. III. 34. Принципиальная схема выходного каскада строчной развертки телевизора УЛПЦТ-59/61-II

дающего генератора поступают управляющие импульсы. Они имеют отрицательную полярность и напряжение размахом 180—200 В. Питание на экранирующую сетку лампы подается от источника + 170 В через резистор 3R57.

Анодной нагрузкой лампы 3Л3 служит выходной строчной трансформатор 3Тр1 типа ТВС-90-ЛЦ2 по схеме с обратной связью по питанию и стабилизацией параметров. Повышенное напряжение, необходимое для питания анода лампы выходного каскада 3Л3, создается на конденсаторе 3С26, который соединяет вывод *6* анодной обмотки 3Тр1 с выводом *7* выходной обмотки. Конденсатор 3С26 заряжается током, который протекает через демпферный диод 3Л4, когда к его аноду приложено постоянное напряжение + 380 В, а к катоду — отрицательный импульс первого полупериода свободных колебаний, возникающих в обмотке строчного трансформатора в начале прямого хода развертки.

Настройка высоковольтной обмотки строчного трансформатора на третью гармонику частоты колебаний, возникающих при обратном ходе развертки, производится катушкой (выводы *17—18*), подключенной к выводам *4—6* ТВС. Изменение индуктивности этой катушки позволяет устанавливать необходимую для получения резонанса связь между анодной и высоковольтной обмотками. При настройке на третью гармонику напряжение на втором аноде кинескопа максимально, ток лампы выходного каскада наименьший, и в левой части растра на экране кинескопа менее заметны искажения типа демпферных полос.

Для ослабления демпферных полос между выводами 11—13 включен конденсатор 3С44. Обе половины выходной обмотки 7—8 и 9—10 соединены между собой через конденсатор 3С27, а со строчными отклоняющими катушками системы ОС-90ЛЦ2 — через симметрирующие катушки 3L3 типа СК-90ЛЦ2, регулятор линейности строк 3L2 типа РЛС-90ЛЦ2, обмотку корректирующего трансформатора 3Тр2 типа ТК-90ЛЦ2 и резисторы 3R32, 3R33.

Конденсатор 3С27 корректирует подушкообразные искажения растра (вопрос III. 35). Для того чтобы импульсное напряжение, возникающее на этом конденсаторе, не шунтировалось малым сопротивлением резисторов цепи центровки, их подключение к выходной обмотке строчного трансформатора осуществляется через дроссель 3Др1.

Следует отметить, что мощность, потребляемая выходным каскадом строчной развертки, в цветных телевизорах значительно больше, чем в черно-белых телевизорах (80—100 и 25—40 Вт соответственно). Это в большей мере определяется спецификой работы масочного кинескопа. Для кинескопов 59ЛК3Ц, 61ЛК3Ц, например, номинальное напряжение второго анода равно 25 кВ при максимальном суммарном токе трех лучей 1000 мкА. Для обеспечения нормальной работы схемы стабилизации этого напряжения при изменении тока трех лучей (вопрос III. 32) ток нагрузки высоковольтного выпрямителя нужно увеличивать еще на 200—300 мкА. Таким образом, общая величина тока нагрузки равна сумме 1000 мкА и 200—300 мкА и составляет 1,2—1,3 мА. Следовательно, мощность потерь в высоковольтной цепи цветного телевизора равна $25\,000 \times 0{,}0013 =$ 33 Вт (3—6 Вт в черно-белых телевизорах). Поэтому для строчной развертки применяется специальная серия мощных ламп — выходные лампы 6П42С или 6П45С, демпферный диод 6Д22С, высоковольтный кенотрон 3Ц22С, стабилизирующий триод ГП5.

Отличительными особенностями выходного строчного трансформатора для цветного телевизора с кинескопом 59ЛК3Ц или 61ЛК3Ц по сравнению с трансформатором ТВС-110ЛА, применяемым в унифицированных черно-белых телевизорах II класса, являются:

1. Значительно большие размеры, вызванные повышенным высоким напряжением (25 кВ), большей мощностью высоковольтной цепи (33 Вт) и энергией отклонения. Например, энергия, необходимая для отклонения электронного луча по строкам, в масочном кинескопе 59ЛК3Ц равна 3,4 мДж*, а для черно-белого кинескопа типа 59ЛК2Б—2 мДж. Такая разница объясняется следующими факторами:

а) длина отклоняющей системы в цветном телевизоре меньше, чем в черно-белом, что обусловливает худшую чувствительность системы при отклонении луча. Укорачивание длины здесь необходимо для обеспечения возможности сдвига отклоняющей системы от конуса кинескопа для достижения чистоты цвета (вопрос II. 3) без появления темных углов на растре. За норму принимают величину возможного сдвига системы — 5—7 мм;

б) величина высокого напряжения на втором аноде цветного кинескопа на 25—50% больше, чем у черно-белого. Так как необходимая энергия отклонения прямо пропорциональна величине этого напряжения, то требуется соответствующее увеличение этой энергии для обеспечения требуемого угла отклонения;

в) диаметр горловины цветного кинескопа обычно больше, чем у черно-белого, так как в ней необходимо разместить три электронные пушки. Это обстоятельство приводит к тому, что при прочих равных условиях отклоняющие токи в катушках отклоняющей системы масочного кинескопа должны быть существенно бо́льшими по сравнению с токами отклонения черно-белых телевизоров, так как в данном случае отклоняющее электромагнитное поле определенной напряженности требуется получить в гораздо большем объеме пространства.

2. Применение более качественных ферритовых сердечников, у которых мощность потерь меньше, чем магнитная проницаемость, а индукция насыщения больше.

3. Более точная настройка трансформатора на третью гармонику частоты строчного обратного хода, что необходимо во избежание искажений формы растра.

4. Применение негорючих составов для пропитки и заливки катушек трансформатора.

III. 29. Как работает схема защиты от перегрузки лампы выходного каскада строчной развертки телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Перегрузка лампы выходного каскада возникает при неисправности задающего генератора строчной развертки (рис. III. 33), когда отрицательное смещение, создаваемое в рабочих условиях сеточным током, отсутствует, и анодный ток, а с ним и рассеяние мощности на аноде лампы, возрастают до опасных величин. Для предотвращения такого явления используется источник отрицательного напряжения минус 250 В, с которого в момент включения телевизора при помощи делителя 4R4 4R15 3R28 3R30 3R29 4R10 4R11 4R18 на управляющую сетку лампы подается отрицательное смещение порядка 70—80 В. Поскольку при этом лампа запирается не полностью, то при исправности задающего генератора в ее анодной цепи возникают импульсы обратного хода. Эти импульсы выпрямляются диодом 3Д3 типа Д211 и, поступая через резисторы 3R20, 3R28, 4R6, компенсируют отрицательное смещение, создаваемое внешним источником напряжения минус 250 В. При выходе из строя задающего генератора, когда отсутствуют импульсы обратного хода, такой компенсации не происходит и на сетке лампы сохраняется отрицательное смещение.

---

* мДж — миллиджоуль. 1 джоуль=1 Н×м (ньютон на метр). 1 мДж=1×10^{-6} Дж.

III. 30. Как создаются напряжения фокусировки и питания ускоряющих электродов для кинескопа в телевизорах УЛПТЦ-59/61-II?

Для создания фокусирующего напряжения на первом аноде кинескопа используются выпрямитель 4Д1 типа 5ГЕ200АФ-С (рис. III.34). Диод выпрямляет импульсы обратного хода строчной развертки, поступающие с анода лампы 3Л3. Выпрямленное напряжение снимается с конденсатора 4C1 на делитель напряжения, образованный резисторами 4R1, 4R7, 4R8, 4R9. Для изменения фокусирующего напряжения в пределах от 4,8 до 5,8 кВ предусмотрена возможность изменения соотношения между плечами делителя путем перестановки перемычки переключателя 4В1. Для плавной регулировки используется переменный резистор 4R2, который изменяет постоянную времени заряда конденсатора 4C1.

Ускоряющие электроды кинескопа питаются напряжением от конденсатора 3C26 — источника «вольтодобавки» (рис. III. 34), создающего напряжение +900 В. Это напряжение через фильтр 3R31 3C24 подается на делитель 3R71 3R72 3R73 3R27. Потенциометрами 3R71, 3R72, 3R73 регулируют величины напряжения на каждом ускоряющем электроде кинескопа в пределах 500—900 В.

III. 31. Как устроен высоковольтный выпрямитель в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II?

Для уменьшения емкости высоковольтной обмотки трансформатора ТВС-90ЛЦ2 (рис. III.34) и возможности ее оперативной настройки на третью гармонику частоты импульсов обратного хода она, в отличие от кондуктивной связи, применяемой в черно-белых телевизорах, связывается с анодной обмоткой индуктивно. При такой связи выпрямление возникающих в ней импульсов позволяет получить высокое напряжение порядка 19 кВ, которое недостаточно для питания второго анода кинескопа. По этой причине напряжение для питания второго анода кинескопа создаётся двумя выпрямителями. Один выполнен на диоде 3Д6 типа 7ГЕ350АФ-С. Он выпрямляет импульсы обратного хода, возникающие на аноде лампы 3Л3 и заряжает конденсатор 3C48 до напряжения 6—7 кВ. Последовательно с этим выпрямителем включена высоковольтная обмотка и на анод второго выпрямителя на кенотроне 3Л5 типа 3Ц22С поступает суммарное напряжение, полученное от сложения напряжения на конденсаторе 3C48 и импульсного напряжения, трансформированного в высоковольтную обмотку. В результате на выходе второго выпрямителя, получается напряжение 24—25 кВ, которое подается на второй анод кинескопа.

III.32. Почему необходима и как работает схема стабилизации высоковольтного напряжения в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II?

Величина суммарного тока трех лучей масочного кинескопа при изменении содержания изображения может меняться в значительных пределах. Максимально допустимая величина суммарного среднего тока катодов кинескопа 59ЛК3Ц (61ЛК3Ц) равна 1 мА. Изменение ее от 0 до 1 мА вызывает значительное уменьшение высокого напряжения до 5—6 кВ (вопрос III. 33). Колебания высокого напряжения могут привести к изменению размеров и яркости растра, нарушению сведения, однородности цвета свечения экрана и баланса белого. Кроме того, при уменьшении нагрузки выходного каскада могут появиться значительные нелинейные искажения растра по причине изменения режима работы выходной и демпферной ламп и сильные искажения изображения (появление вертикальных полос) из-за нарушения настройки выходного строчного трансформатора на третью гармонику (вопрос III. 28). Поэтому к стабильности высоковольтного напряжения в цветных телевизорах предъявляются повышен-

ные требования и удовлетворяются они благодаря стабилизации высокого напряжения специальными схемами.

Для обеспечения качественной работы цветного кинескопа в режиме 25 кВ — 1 мА обычно применяется схема с параллельным стабилизатором, в которой стабилизирующий элемент (триод с высоким коэффициентом усиления) включен параллельно кинескопу таким образом, что изменение величины протекающего через кинескоп тока влечет на собой изменение (с обратным знаком) величины тока стабилизирующего триода. При этом суммарный ток нагрузки выходного каскада строчной развертки остается почти постоянным. Для достижения такой стабилизации управляющее напряжение для триода должно меняться при изменении высокого напряжения, вызванного увеличением или уменьшением тока лучей кинескопа.

К стабилизирующему триоду предъявляется ряд требований, основные из которых таковы. Он должен допускать постоянное напряжение на аноде той же величины, что и максимально допустимое напряжение на втором аноде кинескопа. Максимально допустимая мощность рассеивания на аноде триода должна обеспечить его работу при запертом кинескопе, когда весь ток нагрузки течет через триод. Этот ток в 1,2—1,5 раза больше максимально допустимого среднего тока трех лучей кинескопа. Для повышения качества стабилизации крутизна триода должна быть высокой. Таким триодом является лампа ГП-5.

Известны две общепринятые схемы управления работой стабилизирующего триода: 1) на сетку триода через делитель напряжения в качестве управляющего подается напряжение с вольтодобавочного конденсатора; 2) управляющее напряжение снимается с сопротивления, через которое течет ток нагрузки высоковольтной цепи.

Принцип действия первой схемы основан на том, что при изменении величины суммарного тока трех лучей кинескопа меняются: нагрузка на выходной трансформатор строчной развертки (во время обратного хода), добротность контура, образованного эквивалентными индуктивностью и емкостью схемы, а следовательно, величина отклоняющего тока и напряжения на вольтодобавочном конденсаторе, которое управляет режимом работы стабилизирующего триода. В идеальном случае изменение величины суммарного тока лучей должно вызвать такое изменение управляющего напряжения, чтобы общая величина тока нагрузки высоковольтного выпрямителя (сумма токов трех лучей кинескопа и тока стабилизирующего триода) осталась постоянной.

Основным недостатком схемы является то, что при использовании ее одновременно со схемой стабилизации размера растра по горизонтали сильно меняются режим стабилизирующего триода, размер растра, а соответственно и напряжение на вольтодобавочном конденсаторе. Значит, при регулировке размера растра нужно с помощью потенциометра в цепи его сетки одновременно изменять режим работы стабилизирующего триода. Это усложняет настройку схемы строчной развертки.

Схема с управлением током нагрузки выходного каскада (второй вариант) обеспечивает более высокое качество стабилизации высокого напряжения при изменении суммарного тока лучей кинескопа. Широкое применение в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II нашла схема стабилизации высокого напряжения с управлением стабилизирующего триода приращением тока лучей кинескопа (рис. III. 34).

В этой схеме стабилизация выпрямленного напряжения при изменении тока нагрузки в пределах 0—1 мА осуществляется триодом 3Л6 типа ГП-5, который является одной из нагрузок высоковольтного источника (вопрос III. 31). Ток лучей кинескопа, протекая через источник напряжения питания +380 В, лампу 3Л4, дроссель 4Др1, обмотку трансформатора

3Тр1 (выводы 3—2), резисторы 3R59, 3R61, диод 3Д6, высоковольтную обмотку трансформатора 3Тр1 и кенотрон 3Л5 типа 3Ц22С, создает на цепочке обратной связи, состоящей из резисторов 3R59, 3R61 напряжение, пропорциональное току лучей кинескопа. Это напряжение через резисторы 4R16, 4R17 поступает на сетку лампы 3Л6. При отсутствии тока лучей кинескопа весь ток от высоковольтного источника проходит только через триод 3Л6. Таким образом, при увеличении тока лучей кинескопа шунтирующее действие триода 3Л6 уменьшается, а при уменьшении — возрастает, что позволяет поддерживать напряжение на втором аноде в заданных пределах.

Режим работы стабилизирующего триода 3Л6 устанавливается переменным резистором 3R63. На него через резистор 4R5 от источника минус 250 В поступает отрицательное напряжение, компенсирующее положительное напряжение вольтодобавки. Резистором 3R64 в катоде лампы 3Л6 (при закрытом кинескопе) устанавливают ток 1,1—1,2 мА. Резистор 4R17 и конденсатор 3С45 образуют фильтр, устраняющий переменную составляющую строчной частоты на сетке триода 3Л6. Цепочка 4R13 4С4 ликвидирует возможность самовозбуждения схемы стабилизации.

Следует иметь в виду, что стабилизирующий триод ГП-5 является источником рентгеновского излучения в телевизоре. Работа с телевизорами при снятых экранах на стабилизирующих триодах категорически запрещается.

В последнее время благодаря появлению блоков умножения напряжения типа УН8,5/25-1,2 стало возможным создание нестабилизированных высоковольтных выпрямителей с приемлемой величиной внутреннего сопротивления.

III. 33. Как осуществляется стабилизация размера изображения по горизонтали в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II?

Динамический режим выходного каскада стабилизируется схемой, состоящей из варистора* 3R18 типа СН-1-1-1300 (рис. III.34), (3R48 на схеме УЛПЦТИ), переменного резистора 3R16 и конденсатора 3С19. Варистор 3R18 (3R48) работает как выпрямитель импульсного напряжения со стабильной отсечкой, определяемой рабочим напряжением варистора. С трансформатора 3Тр1 (вывод 5) через конденсатор 3С19 на варистор поступают импульсы обратного хода положительной полярности. Их амплитуда значительно изменяется при колебаниях выходной мощности каскада. Когда вершины этих импульсов выходят за пределы прямого участка вольтамперной характеристики, сопротивление варистора резко падает, и он, действуя как диод, заряжает конденсатор 3С19. Отрицательное напряжение, пропорциональное размаху импульсов обратного хода, с конденсатора 3С19 (3С28 на схеме УЛПЦТИ) через резисторы 3R21, 3R22 и 3R56 (3R27, 3R37 на схеме УЛПЦТИ) поступает на управляющую сетку лампы 3Л3 (3Л2 на схеме УЛПЦТИ).

Таким образом, величина отрицательного напряжения на первой сетке оказывается связанной с размахом импульсов обратного хода. В результате при колебаниях питающих напряжений, старении ламп и деталей размер по горизонтали и величина напряжения на втором аноде кинескопа не выходят за пределы установленных значений, что позволяет эффективно стабилизировать мощность колебаний выходного каскада.

Конденсатор 4С3 печатной платы (рис. III. 34) (3С24, 3С25 на схеме

---

* Варистор — нелинейное сопротивление, изменяющее свою величину обратно пропорционально приложенному напряжению. Обозначается буквами СН с последующими цифрами: первая обозначает материал проводящего слоя (1 — карбит кремния); цифра после дефиса — конструкцию варистора (1 — стержневая, 2 — дисковая); последняя — номинальное напряжение варистора, В.

УЛПЦТИ) переключателем 3В2 можно по-разному подключать к анодной обмотке трансформатора 3Тр1 и изменять этим импульсное напряжение на всех обмотках. Если его уменьшить, то устройство стабилизации на варисторе 3R18 (3R48 на схеме УЛПЦТИ) стремится поддержать амплитуду импульсного напряжения неизменной. За счет этого увеличивается мощность колебаний в выходном каскаде и размах тока в строчных катушках отклоняющей системы. Таким образом, переключателем 3В2 можно ступенчато изменять размер изображения по горизонтали. Подстроечным резистором 4R6 печатной платы (3R32 на схеме УЛПЦТИ) устанавливают режим работы варистора, а резистором 3R16 — значение импульсного напряжения, приложенного к варистору. Следовательно, ими также можно изменять мощность колебаний в выходном каскаде (устанавливать напряжение на втором аноде кинескопа) и амплитуду импульсных напряжений и отклоняющего тока.

Коррекция несимметричных нелинейных искажений растра (регулировка линейности по горизонтали) осуществляется с помощью регулятора линейности 3Л2 типа РЛС-90ЛЦ2 с насыщенным ферритовым сердечником.

III. 34. Как устроена схема центровки изображения телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Центровка изображения по горизонтали и вертикали производится магнитным полем, возникающим при прохождении постоянного тока соответственно через строчные и кадровые отклоняющие катушки. Для центровки по горизонтали используется мостовая схема (рис. III. 34), образованная резисторами 4R24, 4R10, 4R3 в катодной цепи лампы 3Л3 типа 6П45С (6П42С) выходного каскада строчной развертки. В диагональ моста через дроссель 3Др1 и обмотки 9—10 и 7—8 выходного строчного трансформатора 3Тр1 включены строчные отклоняющие катушки. При перемещении движка переменного резистора 4R3 нарушается баланс моста и через строчные отклоняющие катушки протекает постоянный ток, который смещает растр на экране вправо или влево.

Для центровки изображения по вертикали используется также балансная схема. В нее входят переменный резистор 4R11, кадровые отклоняющие катушки и первичная обмотка кадрового выходного трансформатора 3Тр3 (рис. III. 34). В среднем положении движка пременного резистора 4R11 напряжение, создаваемое током лампы 3Л3 на резисторе 4R11, уравновешивается напряжением, создаваемым коллекторным током транзистора 3Т4 на омическом сопротивлении обмотки выходного трансформатора 3Тр3. При этом постоянный ток через кадровые отклоняющие катушки не протекает. При перемещении движка переменного резистора 4R11 нарушается баланс моста и через кадровые отклоняющие катушки начинает протекать постоянный ток, который смещает растр вверх или вниз. Конденсатор 3С47 блокирует кадровые импульсы на шасси.

III. 35. *Как осуществляется коррекция геометрических искажений изображения в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II?*

Из-за нарушения пропорциональности между величиной отклоняющего тока и углом отклонения, который возрастает по мере удаления луча от центра экрана, в широкоугольных кинескопах возникают подушкообразные искажения (рис. III. 35). Эти искажения приводят к тому, что изображение сжимается в центре и растягивается по краям, отчего их называют симметричными. В цветном телевизоре различают два вида коррекции подушкообразных искажений: в направлении кадра (сверху и снизу растра — вертикальная коррекция) и в направлении строк (справа и слева кадра — горизонтальная коррекция).

Исходя из рис. III. 35 легко установить, что при подушкообразных искажениях по вертикали середины горизонтальных линий сверху и снизу растра изогнуты в противоположных направлениях, причем величина изгиба каждой из строк оказывается тем меньше, чем ближе она находится к центру, где подушкообразные искажения отсутствуют. Это означает, что коррекция в верхней половине кадра должна быть направлена вверх (север), а в нижней — вниз (юг).

Для коррекций искажений в горизонтальном направлении необходимо увеличить длину строк в средней части кадра в направлениях З (запад) и В (восток). Это достигается модуляцией тока строчной частоты токами кадровой частоты, чтобы развертывающее напряжение каждой из строк возрастало по мере приближения к центру и уменьшалось до некоторой постоянной величины по мере приближения к краям растра (рис. III.. 36,а).

Как известно, через кадровые отклоняющие катушки протекает пилообразный ток, величина которого, проходя через нулевое значение, изменяется от отрицательного максимума до положительного. Для коррекции подушкообразных искажений этот пилообразный ток модулируют корректирующим током строчной частоты. Вызываемые этим изменения показаны на рис. III. 36,б. Особенностью такой коррекции является то, что крутизна изменения пилообразного тока не остается постоянной, а изменяется в течение каждой строки. При развертке верхней крайней строки (низ пилы) амплитуда корректирующего тока строчной частоты, модулирующая ток кадровой частоты, наибольшая. Затем она постепенно уменьшается и в середине кадра равна нулю. Во второй половине кадра амплитуда этого тока опять возрастает по мере приближения к последней из строк. Одновременно изменяется и ее полярность.

Коррекция геометрических искажений изображения производится динамической схемой коррекции, так как применение для этой цели по-

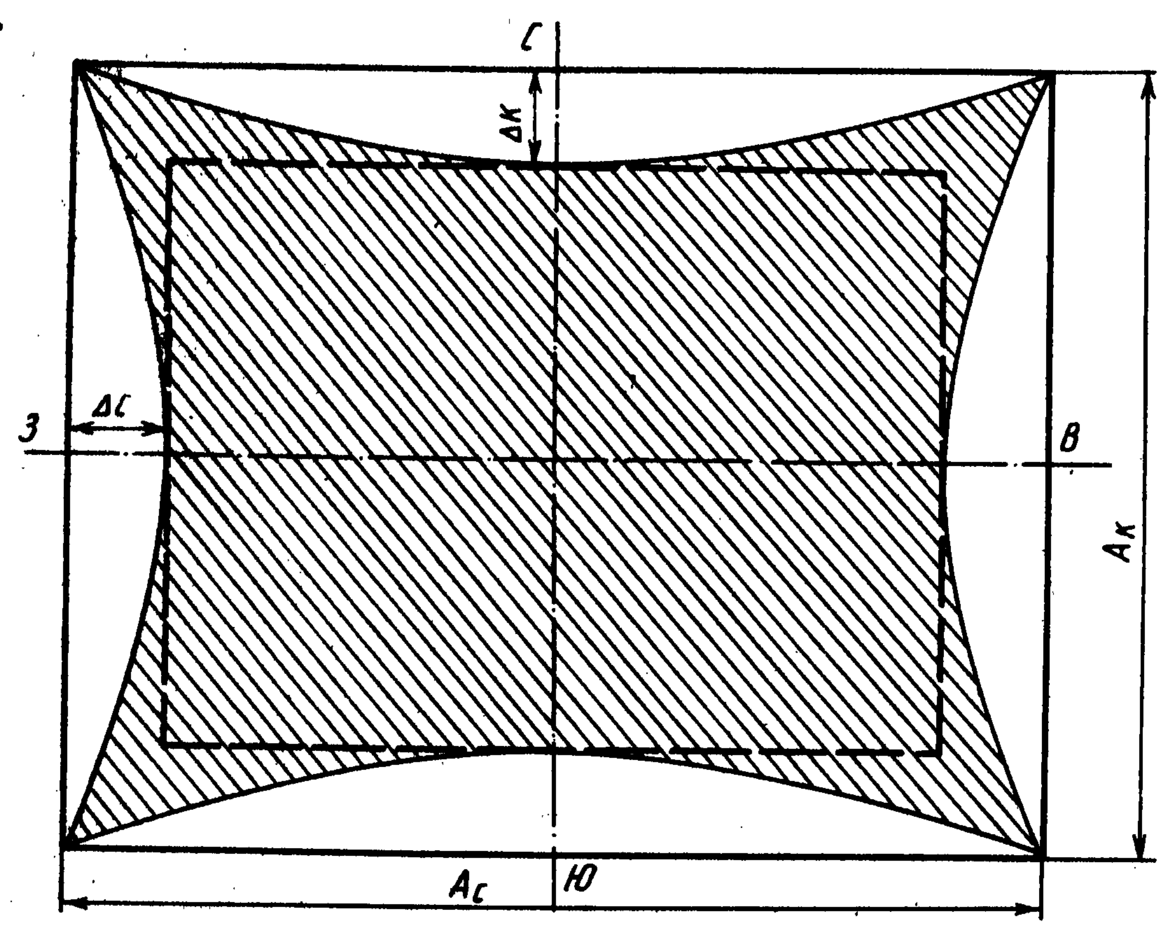


Рис. III. 35. Подушкообразные искажения растра цветного кинескопа

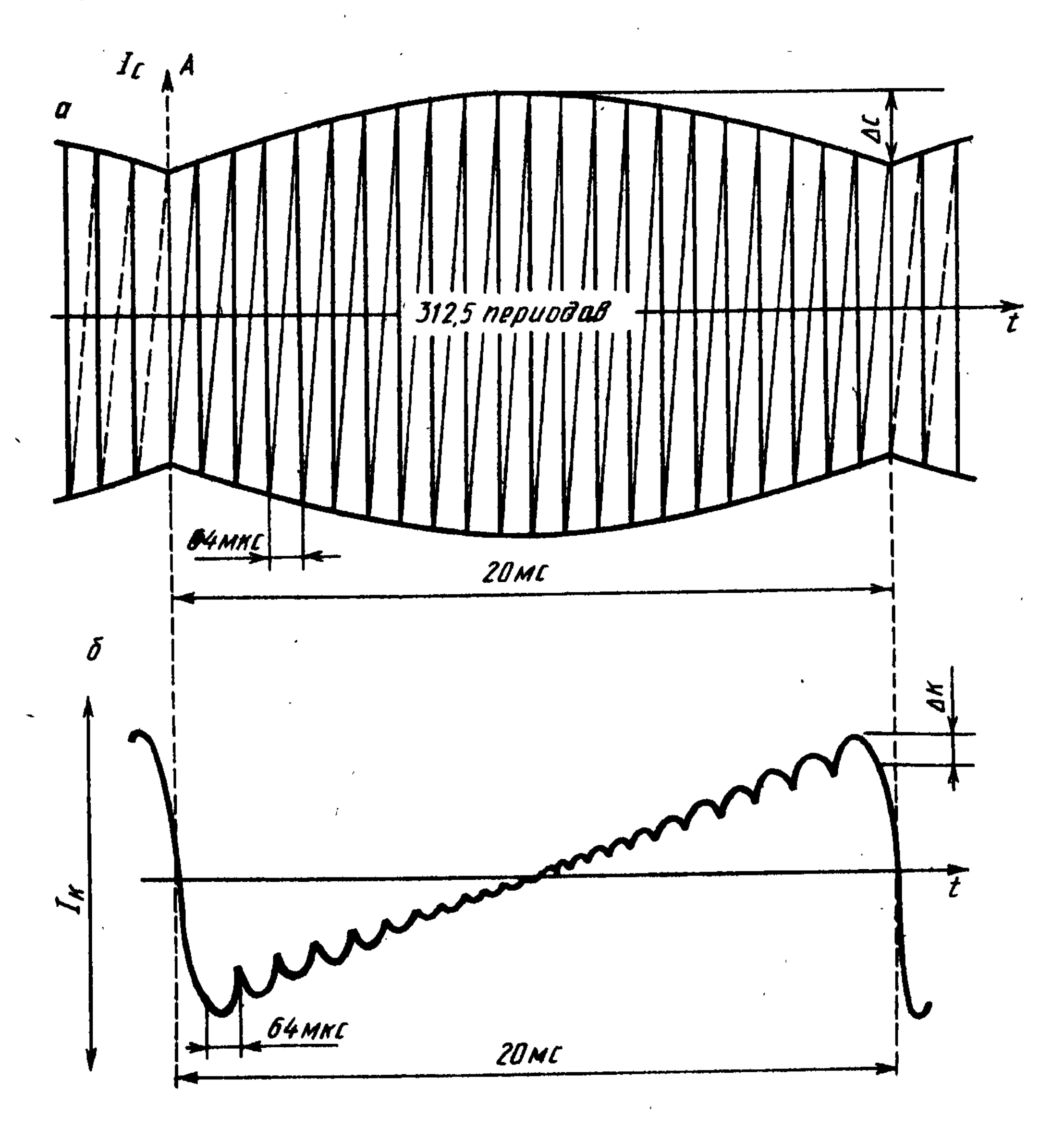


Рис. III.36. Модуляция отклоняющих токов для коррекции подушкообразиых искажений:

а — ток строчного отклонения, искажения по горизонтали (восток — запад) корректируется амплитудной модуляцией тока строчного отклонеиня кадровой параболой; б — ток кадрового отклонения, искажения по вертикали (север — юг) корректируется модуляцией тока кадрового отклоиения строчной параболой

стоянных магнитов (по аналогии с черно-белыми телевизорами) приводит к нарушениям чистоты цвета и сведения лучей кинескопа. Схема коррекции телевизора УЛПЦТ-59/61-II приведена на рис. III. 34. В ней используется трансформатор 3Тр2 типа ТК-90ЛЦ2 с насыщающимся ферритовым сердечником.

Принцип действия трансформатора поясняется на рис. III. 37. На крайних кернах магнитопровода расположены вторичные обмотки L_1 и L_2 (отводы 3—4 и 5—6), включенные параллельно строчным отклоняющим катушкам, а на среднем керне — первичная обмотка L_3 (отводы 1—2), соединенная последовательно с кадровыми отклоняющими катушками. Направление витков в каждой из вторичных обмоток 3—4 и 5—6 выбрано таким, что наводимые в них ЭДС взаимно компенсируют друг друга и их индуктивное сопротивление зависит лишь от насыщения сердечника.

На рис. III. 37 направление магнитного потока, создаваемого током, протекающим через первичную обмотку 1—2, обозначено $Ф_1$, а через вторичные обмотки 3—4 и 5—6 — $Ф_2$. В правом керне магнитные потоки $Ф_1$ и $Ф_2$ складываются, а в левом — вычитаются. Конфигурация и размеры сердечника выбраны такими, что магнитный поток $Ф_1$, образуемый током

вертикального отклонения, создает насыщение сердечника. В начале и конце прямого хода кадровой развертки, когда через первичную обмотку 1—2 протекает максимальный ток, наступает насыщение сердечника. Это приводит к уменьшению индуктивного сопротивления обмоток 3—4 и 5—6. Шунтирующее действие этих обмоток возрастает, ток, протекающий через строчные отклоняющие катушки, уменьшается, что сопровождается сужением растра вдоль строки. В средней части прямого хода, когда ток вертикального отклонения в обмотке 1—2 минимален, проницаемость сердечника и индуктивное сопротивление обмоток 3—4 и 5—6 увеличиваются, возрастает ток через строчные отклоняющие катушки и размер по горизонтали.

Коррекция в вертикальном направлении осуществляется следующим образом. В результате того, что магнитные потоки $Ф_1$ и $Ф_2$ в правом керне складываются, величина магнитного потока, замыкающегося через средний керн, зависит от направления и величины тока, протекающего через обмотку 3—4. Этот магнитный поток создает на обмотке 1—2 напряжение строчной частоты, фаза которого в первой и второй половинах прямого хода кадровой развертки различается на 180°, а амплитуда зависит от величины тока, протекающего через эту катушку, поскольку он определяет насыщение сердечника. В середине прямого хода, когда ток вертикального отклонения минимален, отсутствует насыщение сердечника. Обмотка 4—3 обладает наибольшей индуктивностью, протекающий через нее ток строчной частоты минимален, что приводит к уменьшению создаваемого им магнитного поля. В начале и в конце прямого хода кадровой развертки насыщение сердечника, уменьшающее индуктивное сопротивление обмоток 4—3 и 5—6, сопровождается увеличением протекающего через них тока строчной частоты. Это приводит к увеличению напряжения импульсов строчной частоты на выводах обмотки 1—2.

На рис. III. 34 обмотки 3—4 и 5—6 корректирующего трансформатора 3Тр2 типа ТК-90ЛЦ2 через резистор 3R33, регулятор линейности 3L2 подсоединены параллельно строчным отклоняющим катушкам, а обмотка 1—2 через дроссель 3L4 соединена последовательно с кадровыми отклоняющими катушками. Дроссель 3L4 — регулятор фазы типа РФ-90ЛЦ2 — вместе с обмоткой 1—2 трасформатора 3Тр2 и конденсаторами 3С28 и 3С29 образует резонансный контур, настроенный на частоту, более низкую, чем частота строчной развертки. Изменением индуктивности дросселя устанавливается необходимая фаза корректирующего тока, а его амплитуда зависит от положения переключателя 3В3.

Для дополнительной коррекции подушкообразных искажений по горизонтали последовательно с выходной обмоткой трансформатора 3Тр1 (выводы 7—8 и 9—10) и строчными отклоняющими катушками включен конденсатор 3С27. Конденсатор вместе с катушками образует коле-

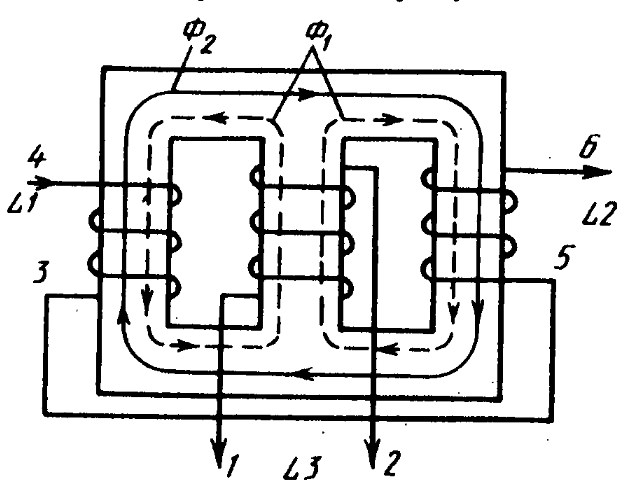


Рис. III.37. Принцип коррекции подушкообразных искажений

бательный контур. Его колебания, складываясь с пилообразным током, создаваемым импульсным напряжением, приложенным к отклоняющим катушкам, приводят к получению S-образной формы строчного отклоняющего тока. Симметрирующие катушки 3L3 устраняют при регулировке динамического сведения перекрещивание горизонтальных красных и зеленых линий в центре растра, которое возникает из-за различия индуктивности каждой из строчных отклоняющих катушек.

III. 36. Как устроена и работает система сведения лучей телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

Система служит для обеспечения статического и динамического сведения лучей кинескопа (вопросы II. 5, II. 6) с помощью формирования и регулировки токов и напряжений необходимой формы для питания катушек регулятора сведения и катушки динамического подсведения синего. В нее входят: унифицированный регулятор сведения типа РС-90ЛЦ2; магнит бокового смещения синего луча, объединенный конструктивно с магнитом чистоты цвета типа МС-38; блок сведения. Система сведения позволяет получить практически полное статическое сведение трех лучей в центре экрана при наибольшем расслоении на расстоянии 25 мм от края изображения в пределах 3,5 мм.

Регулятор сведения РС-90ЛЦ2 предназначен для статического и динамического сведения лучей кинескопа. Устройство его показано на рис. II. 4. Собран он на пластмассовом каркасе с круглым отверстием для горловины кинескопа. Со стороны цоколя кинескопа каркас закрыт гетинаксовой печатной платой. К ней подпаиваются выводы катушек сведения и проводники октального разъема Ш12 и двухполюсного разъема Ш13 для соединения с платой сведения. Магнит бокового смещения синего и магнит чистоты цвета (вопрос III. 40) объединены конструктивно на одном держателе. С платой сведения магнит соединяется разъемом Ш14.

Блок сведения, принципиальная схема которого представлена на рис. III. 38, предназначен для формирования корректирующих токов в электромагнитах регулятора сведения и электромагните динамического подсведения синего луча. Блок состоит из каналов сведения по горизонтали и вертикали. Канал формирования корректирующего тока по горизонтали выполнен из двух раздельных ветвей — для синего луча и лучей красного и зеленого, которые управляются совместно.

Источником формирования корректирующих токов по горизонтали являются П-образные импульсы обратного хода, поступающие с вывода *11* выходного строчного трансформатора 3Тр1 (рис. III. 34.) через разъем Ш11а (контакт 8) на ввод *8* платы блока сведения. Преобразование этих импульсов в напряжение параболической формы в схеме сведения синего производится с помощью резонансного контура, а в схеме сведения зеленого и красного — двойным интегрированием импульсов обратного хода строчной развертки.

Цепь формирования тока сведения зеленого и красного лучей состоит из индуктивностей 8L3, 8L4, конденсаторов 8С6, 8С7, резисторов 8R11, 8R12, 8R13, 8R14 и диодов 8Д2, 8Д3.

Первое интегрирование импульсов происходит в катушках 8L2, 8L3, 8L4 и резисторах 8R6, 8R7, 8R8, 8R11, 8R12 (влиянием конденсаторов 8С6 и 8С7 на частоте 15625 Гц можно пренебречь). При этом получается ток пилообразной формы, который вторично интегрируется в индуктивностях и активных сопротивлениях катушек сведения.

Регулировка индуктивности 8L3 приводит к одновременному изменению амплитуды параболического тока в электромагнитах сведения красного

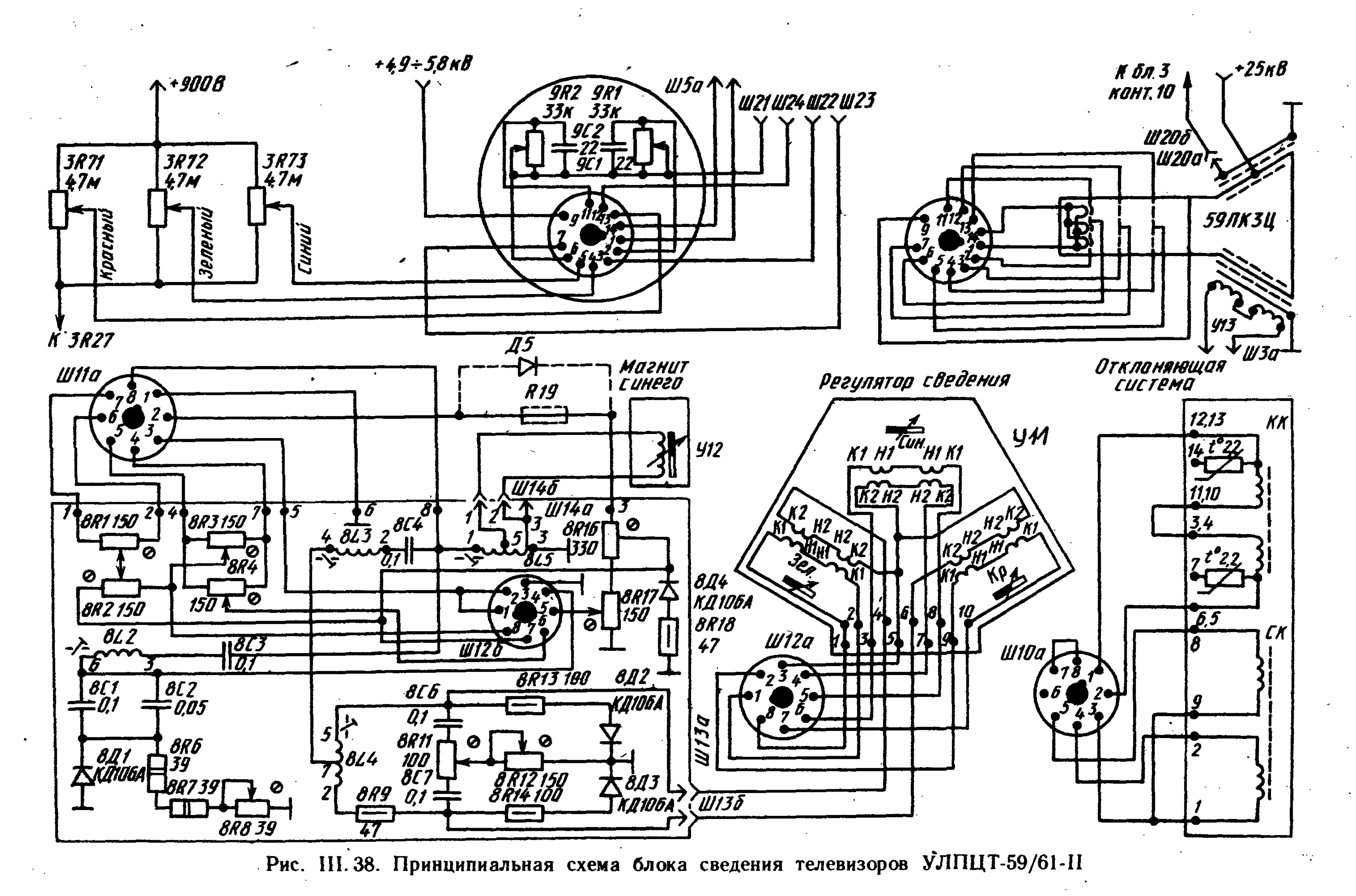


Рис. III.38. Принципиальная схема блока сведения телевизоров УЛПЦТ-59/61-II

зеленого. Вывод *4* катушки 8L3 соединен со средней точкой дифференциальной катушки 8L4, которая позволяет уменьшить ток в одной из катушек электромагнитов сведения — красной или зеленой. Для этой цели дифференциальная катушка 8L4, выполнена таким образом, что в среднем положении сердечник не заходит ни в одну из ее половин. Поэтому при перемещении сердечника в ту или другую сторону индуктивность одной половины возрастает до максимума, а другой — остается минимальной.

Резистором 8R11 регулируется наклон параболического тока в катушках сведения. Так как ток параболической формы создается в результате интегрирования пилообразных импульсов, ветви параболы оказываются несимметричными относительно середины периода развертки, то есть минимальное значение тока параболы не совпадает по времени с серединой прямого хода строчной развертки. Это приводит к некоторому перекосу красных и зеленых горизонталей сетчатого поля при их динамическом сведении.

Для уменьшения влияния динамического сведения на статическое вершины парабол привязываются к нулевому уровню с помощью диодов 8Д2, 8Д3 типа КД109А. Расслоение красных и зеленых горизонтальных линий, а также перекрещивание их, возникающее из-за неидентичности строчных отклоняющих катушек, устраняется регулировкой симметрирующей катушки 3L3, установленной на плате блока строчной развертки (рис. III. 34). Разъемное контактное соединение Ш13 позволяет менять направление корректирующего тока в катушках электромагнитов красного и зеленого.

Синие горизонтальные линии у краев экрана, как правило, больше чем красные и зеленые отклоняются от средней линии; для их сведения требуется значительно больший по величине корректирующий ток. По этой причине формирование корректирующего тока в цепи сведения синего луча производится методом ударного возбуждения при помощи резонансного контура, образованного конденсатором 8С3, катушкой индуктивности 8L2 и индуктивностью катушки электромагнита синего.

Для дополнительного подсведения синего луча на краях растра через катушку электромагнита, установленную на магните бокового смещения синего луча, пропускается пилообразный ток, получаемый после интегрирования строчного импульса в индуктивности 8L5 и в самой катушке электромагнита. Регулируя индуктивность катушки 8L5, можно менять степень подсведения синего, а переставляя разъемное контактное соединение Ш14— выбрать необходимое направление коррекции синего луча по бокам растра или отключить динамическое подсведение, если оно не требуется.

Формирование корректирующего тока для катушек вертикального сведения производится следующим образом. С коллектора транзистора 3Т5 блока кадровой развертки (рис. III.32) параболический импульс напряжения кадровой частоты через конденсатор 3С42 и разъем Ш11 подается на последовательно соединенные резисторы 8R16 и 8R17, которые регулируют амплитуду напряжения. На кадровые катушки электромагнитов регулятора сведения с обмотки 9—11 выходного трансформатора кадровой развертки 3Тр3 через разъем Ш11 снимается пилообразное напряжение. Переменные резисторы 8R1, 8R2, 8R3 и 8R4 осуществляют распределение параболического тока кадровой частоты в соответствующих катушках регулятора сведения. В среднем положении движков переменных резисторов 8R1, 8R2 пилообразное напряжение на катушки зеленого и красного не поступает, так как токи, протекающие через них, направлены в противоположные стороны и равны друг другу. Для получения наклона параболы

вправо или влево в катушках красного или зеленого движок переменного резистора 8R1 следует сдвинуть вправо или влево. Ток через катушки из обмотки 9—11 трансформатора 3Тр3 (средний вывод *10* соединен с общей точкой катушек сведения красного и зеленого) протекает в различном направлении, то есть, если в одной из обмоток парабола оказывается наклоненной вправо, то в другой — влево. Движок переменного резистора 8R2 позволяет регулировать величину наклона параболы в каждой из катушек таким образом, что когда он возрастает в одной, то одновременно уменьшается в другой. Для возможности раздельного управления наклоном параболы в катушках красного и зеленого используется переменный резистор 8R3, подсоединенный к выводам 8—6 обмотки трансформатора 3Тр3.

Для уменьшения влияния динамического сведения на статическое вершины парабол токов привязываются к нулевому уровню с помощью цепочки 8Д4, 8R18. В плате сведения телевизора УЛПЦТ-59-II имеется 13 регулировок, влияющих на совмещение линий сетчатого поля (рис. II. 15).

III. 37. Как устроены блоки питания и коллектора телевизоров УЛПЦТ-59/61-II?

В УЛПЦТ-59/61-II источник питания разделен на две части: блок питания, в котором находятся силовой трансформатор, питающий накалы ламп и все выпрямители со схемой стабилизации напряжения +29 и +30 В, и блок коллектора, содержащий элементы сглаживающих фильтров и коммутации. Такое схемно-конструктивное решение облегчает общую компоновку телевизора. При этом блок коллектора используется также для размещения RC-цепочек, необходимых для устранения связей между различными частями схемы, для коммутации питающих напряжений и импульсных сигналов, что значительно сокращает длину соединительных шлангов и количество используемых в них проводов.

В блоке питания БП-1 и коллекторе БК-1 создаются следующие напряжения:

+380 В (ток 330—380 мА) — для ламп выходного каскада строчной развертки 3Л3—6П45С, 3Л4—6Д22С и оконечных усилителей цветоразностных сигналов 2Л2, 2Л3, 2Л4—6Ф12П;

+370 В (ток 20—23 мА) — для выходного каскада яркостного канала 2Л1—6Ж52П (рис. III. 13);

+250 В (ток 10—12 мА) — для лампы задающего генератора строчной развертки 3Л1—6Ф1П (рис. III. 33);

+240 В (ток 32—35 мА) — для выходной лампы УНЧ звукового канала 1Л1—6П14П (рис. III. 11);

+170 В (ток 35—42 мА) — для амплитудного селектора 1Т17, УНЧ звука 1Т4, дискриминаторов каналов цветности — пентодные части ламп 2Л2, 2Л3, 2Л4, цепей экранных сеток ламп яркостного канала 2Л1—6Ж52П и выходного каскада строчной развертки 3Л3—6П45С (6П42С);

—250 В (ток 5 мА) — для схемы защиты от перегрузки лампы выходного каскада строчной развертки, запирания токов лучей каждой из электронных пушек кинескопа при их отключении, цепи регулировки напряжения на втором аноде кинескопа;

—36 В (ток 55—60 мА) — для цепей транзистора 2Т6 (рис. III. 13), отключающего режекторные фильтры поднесущих цветности, уменьшения положительного напряжения на модуляторах кинескопа и ограничения импульса в блоке цветности;

+30 В (ток 15 мА) — для питания 3-го каскада кадровой развертки 3Т3 (рис. III. 32.);

+29 В (ток 400—420 мА) — для питания транзисторов кадровой развертки 3Т1, 3Т2, 3Т4, 3Т5 (рис. III. 32);

+24 В (ток 300—320 мА) — для транзисторов УПЧЗ—1Т1—1Т3 (рис. III.10), АПЧГ—1Т13, 1Т14 (рис. III.9), АРУ—1Т10, 1Т11 (рис. III.8), УПЧИ-1Т5—1Т8 (рис. III.7), эмиттерного повторителя яркостного канала 2Т9 (рис. III.13), смесителя блока СК-М-15 (рис. III.5) и транзисторов блока цветности (рис. III. 19, III. 21);

~6,3 В (ток 2300 мА) — для питания накала ламп блока цветности и звукового канала;

~6,3 В (ток 4500 мА) — для питания накала ламп строчной развертки;

~6,3 В (ток 900 мА) — для питания накалов кинескопа.

На рис. III. 39 показана принципиальная схема блока питания и блока коллектора. В блоке питания используется силовой трансформатор типа СТ-320.

Напряжение +380 В образуется при помощи двух выпрямителей, соединенных последовательно: двухполупериодного выпрямителя на диодах 5Д1 и 5Д2 типа КД105В и двухполупериодного выпрямителя 5Д4, 5Д5 на диодах типа КД105В, который используется также для получения напряжения +170 В. Напряжение +380 В поступает на разъем Ш6 через фильтр 5С5 5Др1, предохранитель Пр3, а напряжение +170 В — через фильтр 5С6 5Др2, предохранитель Пр4.

Для получения напряжения минус 250 В используется однополупериодный выпрямитель на диоде 5Д3 типа КД105В, а напряжения минус 36 В — двухполупериодный выпрямитель на диодах 5Д6 и 5Д7 типа Д226Г.

Напряжения +29 и +30 В снимаются с двухполупериодного выпрямителя со средней точкой на двойном диоде 5Д8 типа КД205Г и стабилизируются с помощью электронного стабилизатора. (В последующих схемах телевизоров выпрямитель собран по мостовой схеме). В него входят транзисторы 5Т1 типа П216Б, 5Т2 типа П213Б и 5Т3 типа МП25А. Транзистор 5Т1 выполняет роль регулирующего элемента, на котором гасится часть напряжения, вырабатываемого схемой выпрямителя. Сопротивление такого регулирующего элемента изменяется в зависимости от напряжения на нагрузке, которое через делитель 5R10 5R11 5R9 поступает на базу транзистора 5Т3. Здесь оно сравнивается с некоторым опорным напряжением, создаваемым стабилитроном 5Д10 типа Д814Г в эмиттерной цепи транзистора. В результате сравнения в коллекторной цепи транзистора 5Т3 формируется сигнал ошибки, необходимый для управления регулирующим элементом. Так как ток базы транзистора 5Т1 значительно превышает допустимый коллекторный ток транзистора 5Т3, такое управление производится при помощи транзистора 5Т2. Резистор 5R4 предназначен для повышения стабильности работы схемы при минимальном токе нагрузки и повышении температуры. Резистор 5R8 определяет ток стабилитрона 5Д10. Переменный резистор 5R10 регулирует в необходимых пределах значение стабилизированного напряжения. Резистор 5R7 является коллекторной нагрузкой транзистора 5Т3. Он определяет напряжение на коллекторе транзистора 5Т3 и на базе 5Т2. Для стабилизации напряжения +30 В точка *7* блока питания через диод 5Д9 типа КД202Б соединена со стабилизированным напряжением +29 В.

Остальные напряжения образуются в блоке коллектора при помощи гасящих резисторов. Напряжение +370 В снимается на разъем Ш15 с шины +380 В через резистор 6R7, а напряжение +240 В снимается с этой же шины на разъем Ш7 через резистор 6R4. Напряжение +24 В на разъем Ш7 снимается с шины +29 В через резистор 6R5. Напряжение +250 В получается при помощи делителя 6R2 6R3.

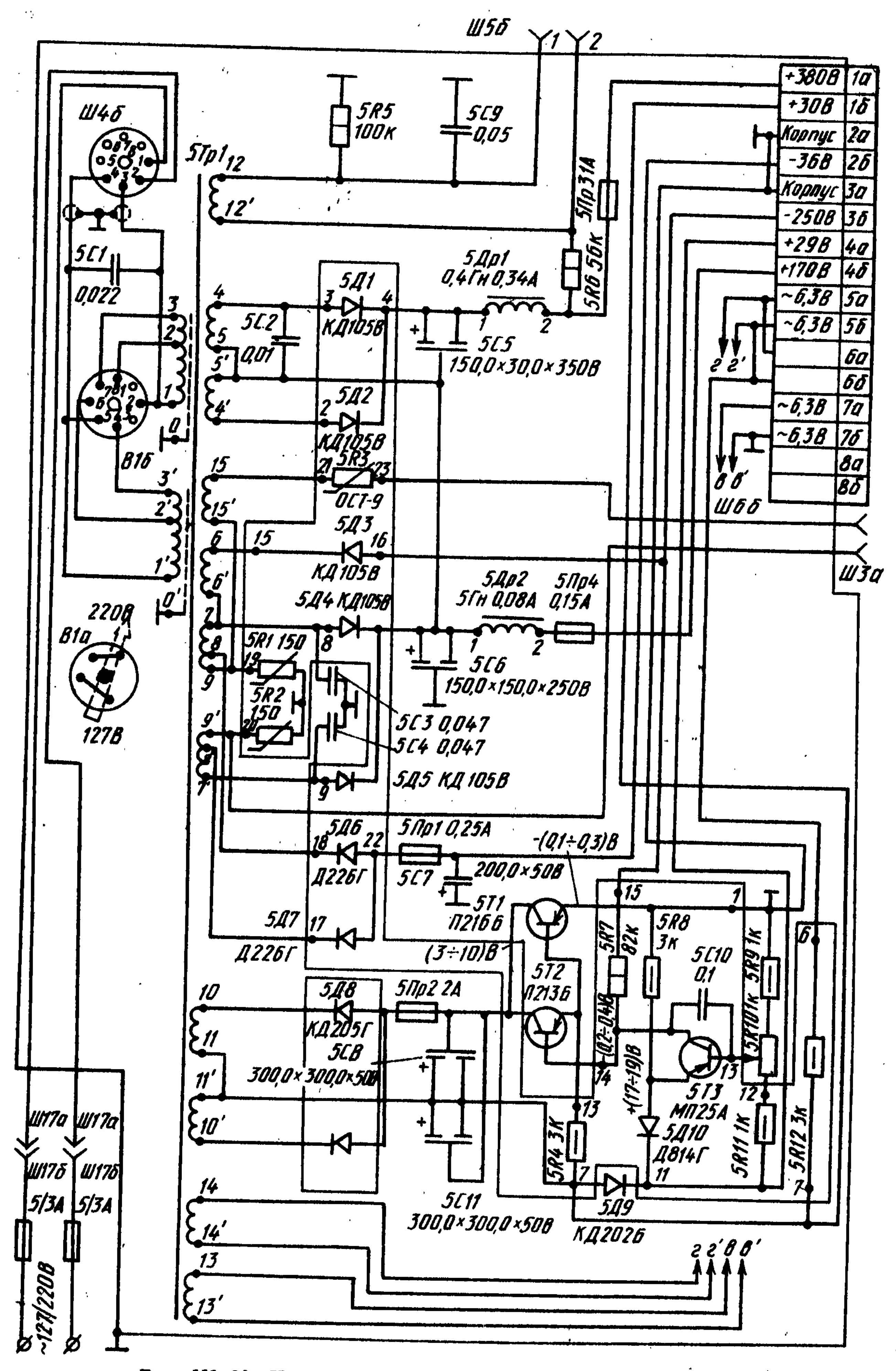


Рис. III. 39. Принципиальная схема блока питания БП-1 телевизора УЛПЦТ-59/61-II

Электролитические конденсаторы 6С2, 6С3, 6С4а, 6С7 выполняют роль блокировочных. Переменный резистор 6R1 предназначен для точной установки напряжения +380 В в процессе регулировки телевизора.

Конденсаторы 5С1 емкостью 0,022 мкФ, 5С2 емкостью 0,047 мкФ, как и экран, расположенный между первичной и вторичной обмотками, препятствуют проникновению гармоник строчной частоты в сеть и защищают телевизор от помех, приходящих из сети.

Связь блока питания с блоком коллектора осуществляется через разъем Ш6, а блока коллектора с остальными блоками телевизора — через разъемы Ш7, Ш8 и Ш15. Напряжение на подогреватели катодов кинескопа подается от отдельной обмотки 12—12′ силового трансформатора 5Тр1. Так как все три катода кинескопа соединены параллельно и находятся под напряжением 250—270 В видеосигнала яркости, то для устранения пробоя между катодом и нитью накала на накальную обмотку подается положительное напряжение с делителя 5R5 5R12. Подогреватели кинескопа подсоединяются к блоку питания через разъем Ш5.

III. 38. Как работает схема автоматического размагничивания теневой маски и металлического бандажа кинескопа в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II?

С блоком питания связана схема автоматического размагничивания кинескопа. При включении телевизора эта схема создает в петле размагничивания переменный ток с быстро затухающей амплитудой. Работа схемы основана на использовании свойств нелинейных сопротивлений — терморезисторов 5R1 и 5R2 типа КМТ-12 и селенового телевизионного ограничителя 5R3 типа ОСТ-9. Особенностью терморезисторов является уменьшение их сопротивления по мере прогрева (для КМТ-12 со 150 до 1—2 Ом), а селенового телевизионного ограничителя — возрастание его сопротивления при уменьшении величины приложенного напряжения, начиная с 9 В.

Схема (рис. III. 39) работает следующим образом. В момент включения телевизора переменное напряжение, возникающее на выводах обмоток 9—8 и 9′—8′ силового трансформатора 5Тр1, через терморезисторы 5R1 5R2 и диоды 5Д4 и 5Д5 типа КД105В, 5Д6 и 5Д7 типа Д226Г заряжает конденсаторы 5С5, 5С6 и 5С7. Первый импульс зарядного тока создает падение напряжения на терморезисторах 5R1 и 5R2. Это напряжение через компенсирующую обмотку 15—15′, селеновый ограничитель 5R3 и разъем Ш3б оказывается приложенным к петле размагничивания (рис. II. 1 и II. 2). Последующие импульсы тока в петле размагничивания быстро уменьшаются по амплитуде и через короткий промежуток полностью исчезают. Это объясняется следующими причинами: уменьшением падения напряжения на терморезисторах, сопротивление которых убывает с прогревом; уменьшением тока, протекающего через терморезисторы по мере заряда конденсаторов 5С6 и 5С7; увеличением сопротивления селенового ограничителя 5R3, включенного последовательно с обмоткой размагничивания (по мере уменьшения величины приложенного к нему напряжения).

На обмотке 15—15′ создается переменное напряжение, обратное по фазе напряжению, приложенному к терморезисторам 5R1 и 5R2. Это позволяет устранить цветовой фон, создаваемый остаточным током после окончания цикла размагничивания. Повторное размагничивание кинескопа не может быть произведено раньше чем через 15—20 мин — времени, необходимого для остывания терморезисторов.

В этой схеме ток перемагничивания имеет начальный размах $I_{макс.} = 3{,}5—4{,}5$ А, в конечный $I_{мин.} = 30$ *mA* при $\tau = 3{,}5$ с (рис. II.2,б). Магнитный экран выполнен из электротехнической стали ЭАА (вопрос II. 2).

Однако это устройство обладает существенным недостатком: при выходе из строя одного из терморезисторов телевизор перестает работать, то есть надежность телевизора определяется надежностью вспомогательного устройства.

III. 39. Как устроен и работает трехлучевой масочный кинескоп?

Цветной масочный кинескоп (цв. рис. III. 40) представляет собой стеклянную колбу, из которой до высокой степени разрежения ($1 \cdot 10^{-7}$ мм рт. ст.) выкачан воздух. Состоит он из четырех основных частей: стеклянного конуса с горловиной, переднего стекла трубки, металлической рамы и теневой маски.

Стеклянная горловина кинескопа круглая, диаметром 36,5 мм. В горловине колбы расположены три одинаковых электронных прожектора, которые часто называют красной, зеленой и синей пушками (или просто пушками). Назначение каждой пушки — создание узкого пучка электронов. Электронные прожекторы находятся в горловине в вершинах равностороннего треугольника (дельтавидное расположение) и наклонены к оси кинескопа под углом примерно 1°. Радиусы, проведенные из центра горловины через эти вершины, образуют углы, равные 120°. Ошибка в установке пушек не должна превышать 2′. Наклон пушек выбран таким, чтобы электронные лучи пересекались в некоторой точке (точке сходимости, цв. рис. III. 41), расположенной на небольшом расстоянии от экрана. Так как после точки сходимости электронные лучи расходятся, то они бомбардируют на экране уже не точку, а маленький кружок. Углы наклона пушек, а также расстояния между ними и другими деталями трубки подобраны такими, чтобы в бомбардируемом кружке помещались только три люминофорные точки (красного, зеленого и синего свечений).

Верхняя часть горловины и нижняя часть конуса, включая место вварки вывода анода, покрыты изнутри слоем графита (черное покрытие, которое называется аквадагом и является эмульсией графита в воде). Этот слой играет роль ускоряющего электрода-коллектора. Высокое напряжение с анодного вывода подается через графитовый слой на анод.

Переход горловины в конус сделан так, чтобы при смещении отклоняющей системы от упора конуса на 12 мм не происходило никакого диафрагмирования электронного луча. Горловина по отношению к маске не должна иметь смещения и наклона более нескольких десятых миллиметра.

Стеклянное дно трубки (экран) имеет толщину 18 мм. На внутреннюю поверхность его нанесен люминисцирующий экран, который покрыт не сплошным слоем одного люминофора, а мозаикой, сотоящей из множества размещенных в строго определенном порядке точек (цв. рис. III.,42.)

Так, например, если в первом горизонтальном ряду люминофоры располагаются в порядке: красный, синий, зеленый, красный, синий, зеленый (рис. III, 42, а) и т. д.,то в следующем горизонтальном ряду зеленый люминофор должен находиться под промежутком между красным и синим люминофорами. В третьем ряду последовательность расположения люминофоров та же, что и в первом, и т. д. При этом люминофоры трех различных цветов образуют треугольники — триады (рис. III.42, б), число которых достигает 550 000, а общее количество люминофорных точек составляет 1 650 000 шт. Центры шести триад, расположенных вокруг любой другой триады находятся в вершинах правильного шестиугольника.

В качестве люминофоров используются три вещества. Первое из них (ортованадат иттрия, активированный европием) светится под воздействием электронной бомбардировки красным цветом; второе (смесь сернистого цинка с сернистым кадмием, активированная серебром) — зеленым; третье

(сернистый цинк, активированный серебром) — светится синим. Хотя глаз человека не может различать отдельные точки при работе трубки, однако он регистрирует каждую небольшую неравномерность свечения экрана. Поэтому трубка не может считаться годной, если отсутствует хотя бы одна триада. Расположение и размер точек выбираются таким образом, чтобы поверхность экрана была плотно покрыта для свечения. Незанятые люминофорными точками промежутки на дне колбы заполняют светопоглощающим веществом, благодаря чему увеличивается контраст воспроизведенного на экране изображения.

На полученный таким способом однослойный мозаичный экран напыляется алюминий. В результате на внутренней поверхности экрана на слое люминофора алюминий образует тончайшую пленку. Ее толщина всего 0,002 мм, в 250 раз тоньше человеческого волоса. Такая пленка необходима прежде всего для устранения скопления вторичных электронов на поверхности экрана, которые создают торомозящее поле, препятствующее увеличению яркости. Кроме того, алюминиевая пленка за счет излучения, направленного внутрь кинескопа, на 20—25 % увеличивает светоотдачу и защищает люминофор от разрушения отрицательными ионами, испускаемыми оксидными катодами электронных пушек. Алюминиевую пленку соединяют со вторым анодом кинескопа, а так как с ним соединена маска, потенциалы их оказываются одинаковыми, и поэтому электрическое поле между экраном и теневой маской отсутствует.

Для того чтобы электронный луч, создаваемый каждой электронной пушкой, например, синей, попадал только на «свои» синие люминофорные точки триад, на расстоянии 15 мм от экрана установлена теневая маска (цв. рис. III. 41), представляющая собой тонкий металлический лист толщиной 0,15 мм с кривизной поверхности, равной кривизне поверхности экрана и со множеством (по числу люминофорных триад) круглых отверстий. Расстояние между центрами отверстий в маске примерно 0,6 мм. Все примерно 550 тысяч отверстий в маске имеют коническую форму. Меньший диаметр каждого отверстия равен приблизительно 0,25 мм, а больший, обращенный к экрану, 0,33 мм. Применение отверстий такого профиля позволило избежать ухудшения чистоты цвета, вызываемого отражением электронов внутренними стенками отверстий, а также выбиванием из ее стенок вторичных электронов, которые могут вызвать паразитную засветку экрана. Так как диаметр отверстий маски всегда уменьшается к краю, то яркость в центре экрана всегда больше, чем по краям. Отверстия в теневой маске должны точно располагаться относительно точек каждой триады. Это — одна из сложных технологических операций при изготовлении трубки.

Вся маска в процессе окисления чернится, чтобы обеспечить как можно меньший нагрев ее во время облучения электронами. Отношение площади всех отверстий к полной площади маски равно 0,15. Это означает, что по меньшей мере 85 % всех электронов с энергией 2 кВ попадают на маску. Слишком сильное нагревание маски обусловливает ее расширение, так что точка попадания электронов смещается за пределы размеров допуска для величины люминофорных точек и происходит искажение цвета.

Для того, чтобы нагрев теневой маски не вызывал изменения ее положения относительно люминесцирующего экрана, маску крепят четырьмя специальными биметаллическими замками, которые, нагреваясь вместе с маской, перемещают ее вдоль оси кинескопа по направлению к экрану. Благодаря этому происходит термокомпенсация нагрева маски и электронный луч все-таки попадает на «свою» люминофорную точку. Теневая маска также соединена с проводящим покрытием. Наличие

трех электронных пушек и теневой маски определило название кинескопа — трехлучевой масочный.

Когда из кинескопа удален воздух, экран и конус сдавливаются атмосферным давлением так, что боковые стенки начинают растягиваться и стремятся как бы выпучиться наружу так же, как борта коробки при сжатии ее крышки и дна. Установлено, что с целью взрывозащиты необходимо так сжать боковые поверхности баллона кинескопа, чтобы те силы, которые растягивают поверхности, были полностью нейтрализованы. Эту роль во всех современных кинескопах выполняет так называемый бандаж (обод), состоящий из металлической рамы, в которую монтируется переднее стекло (рис. II. 1). Благодаря использованию бандажа кинескоп взрывобезопасен.

На наружную поверхность конической колбы кинескопа наносят проводящее графитовое покрытие, которое соединяют с шасси телевизора. Таким образом создается своеобразный конденсатор, обкладками которого являются внутреннее и наружное проводящие покрытия, а диэлектриком — стекло колбы. Такой конденсатор служит емкостью фильтра высоковольтного выпрямителя, питающего второй анод кинескопа.

Для экранировки электронных лучей от воздействия внешних магнитных полей на стеклянный корпус кинескопа надевают предварительно размагниченный магнитный экран. Между баллоном кинескопа и экранирующим кожухом помещается петля размагничивания, соединенная со схемой автоматического размагничивания (вопрос III. 38).

Существуют разные типы кинескопов цветного телевидения, но во всех осуществляется один и тот же принцип: на одном общем экране создаются три цветоделенных изображения (цв. рис. VI. 1), которые почти (именно почти, а не точно) совпадают. Каждая точка экрана при этом светится только одним цветом — красным, синим или зеленым. Сложение цветов происходит не на экране, а только в нашем глазу (вопросы V. 8 и VI. 2).

В горловине кинескопа имеются три электронно-оптические системы (ЭОС). Нетрудно догадаться, что на один модулятор подается красный сигнал, на другой — зеленый и на третий — синий. Но пробегая по мозаичному экрану цветного кинескопа, электронный луч каждой ЭОС станет последовательно облучать точки и синего, и зеленого, и красного цвета свечения, и в результате на экране возникает не цветное изображение, а сплошной хаос. Для получения цветного изображения необходимо, чтобы луч каждой ЭОС попадал только в те точки, на которые нанесен соотвествующий люминофор, например, луч, промодулированный красным сигналом,— в точки с люминофором красного цвета свечения и т. д. Для этой цели и предназначена теневая маска. Каждый луч подходит к маске под своим углом. Встретившись в одном отверстии, все три электронных луча идут дальше своим путем, то есть снова расходятся. Все размеры и расстояния в цветном кинескопе рассчитаны таким образом, что каждый электронный луч, пройдя отверстие в маске, попадает в свою точку люминофора на экране, то есть в точку своего цвета свечения.

Но практически изготовить кинескоп таким, чтобы все три луча в нем сошлись, встретились даже в одном, центральном отверстии маски и, вновь разойдясь, попали каждый на точку люминофора «своего» цвета, невозможно. Поэтому, подобно тому как на кинескопе черно-белого телевидения устанавливается магнит центровки, на горловине цветного кинескопа приходится закреплять целую систему корректирующих магнитов (цв. рис. III. 41). Эти магниты (их шесть) по мере надобности могут так изменять пути электронных лучей (каждого в отдельности и всех трех сразу, в нужной степени), чтобы они обеспечивали однородность цвета

свечения экрана, то есть одноцветность его при возбуждении по очереди каждым электронным лучом.

Таким образом, цветной кинескоп с теневой маской — это, по существу, три отдельных, самостоятельно управляемых кинескопа в одном общем стеклянном баллоне. У каждого такого кинескопа имеется своя электронно-оптическая система и экран своего цвета свечения. Все три кинескопа как бы втиснуты один в другой — это видно по строению экрана (цв. рис. III. 42). Теневая маска создает в каждой точке экрана как бы внутренние перегородки, отгораживающие один кинескоп от другого.

Когда на каждый модулятор цветного кинескопа подается соответствующий («свой») сигнал от телецентра, то каждый электронный луч создает на экране свое цветоделенное одноцветное изображение — черно-красное, черно-синее и черно-зеленое. Эти изображения почти совпадают своими контурами на экране: одно изображение сдвинуто относительно другого на величину расстояния между вершинами одной триады (треть миллиметра). Такое несовпадение ничтожно и практически неощутимо. В наших глазах эти три отдельных изображения складываются и создается впечатление, что на экране только одно настоящее цветное изображение. Если же на все три модулятора подавать один и тот же общий сигнал, то на экране цветного кинескопа появится черно-белое изображение.

III. 40. Какие регулировочные элементы устанавливаются на горловине кинескопа 59ЛК3Ц (61ЛК3Ц)?

На цв. рис. III. 41 показано расположение на горловине узлов и деталей, необходимых для управления работой кинескопа. Три луча кинескопа управляются общим магнитным полем строчных и кадровых катушек отклоняющей системы, через которые пропущен ток строчной и кадровой частот. Барашки предназначены для фиксации положения отклоняющих катушек в направляющих кожуха ОС при регулировке центра отклонения. Результатом неправильной установки отклоняющих катушек будет нарушение чистоты цвета (вопрос II. 3).

Непосредственно за ОС устанавливается регулятор сведения с магнитами статического и динамического сведений зеленого, синего и красного лучей. Благодаря этим узлам создается электромагнитное поле для коррекции динамического сведения и сведения трех электронных лучей в центре экрана. Магнит бокового смещения предназначается для перемещения по горизонтали синего луча. Если посмотреть на рис. II. 4 регулятора радиального сведения лучей, то можно установить, что в отсутствие отклонения электронных лучей статическое сведение их в центре осуществляется поворотами магнитов сведения, которые смещают синий луч только по вертикали, красный — вправо и вверх (или влево и вниз) и зеленый — влево и вверх (или вправо и вниз).

Допустим, что вследствие неточности установки прожекторов характер попадания неотклоненных лучей на экран соответствует рисунку II. 6. Передвигая полем магнитов статического сведения красный или зеленый лучи по указанным стрелками (рис. II. 5) радиальным направлениям, всегда можно добиться совмещения (сведения) этих двух лучей.

Магнит синего луча, конструкция которого показана на рис. III. 43, располагается позади системы статического сведения и при регулировке перемещает этот луч по горизонтали в пределах ± 7 мм. Он представляет собой такой же цилиндр, как и магнит статического сведения, и крепится над синей пушкой.

Таким образом, регулировкой четырех постоянных магнитов сведения лучей можно обеспечить попадание трех лучей в одно и то же отверстие маски в центре экрана. Но при отклонении лучей полем отклоняющей

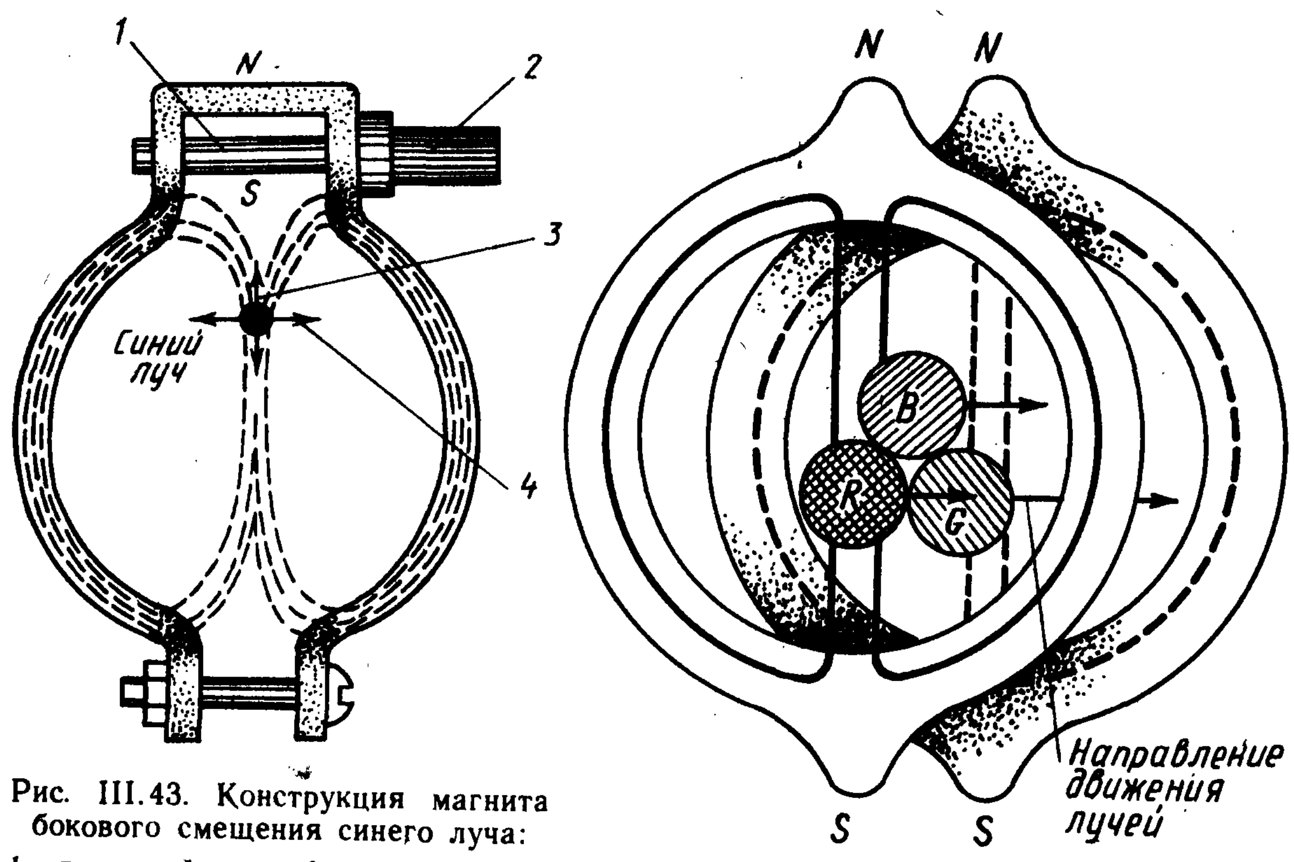


Рис. III.43. Конструкция магнита бокового смещения синего луча:

1 — постоянный магнит; 2 — ручка вращения магнита; 3 — направление магнитного поля; 4 — направление движения синего луча

Рис. III.44. Магнит чистоты цвета

системы от центра экрана к его краям лучи перестанут сходиться во всех точках поверхности маски. Поэтому возникает необходимость в дополнительном динамическом сведении лучей.

В телевизоре УПИМЦТ-61-II магнит бокового смещения синего луча отсутствует. Сдвиг луча по горизонтали производится магнитным полем катушек, дополнительно установленных в регуляторе сведения.

Требования к точности угла прохождения электронными лучами теневой маски достаточно высоки. Поэтому для коррекции наклона лучей в кинескопе служит расположенный на его горловине магнит чистоты цвета 7 (вопрос II. 3), который содержит два одинаковых кольца (рис. III. 44). Они сделаны из магнито-твердого материала, намагничены по диаметру и могут поворачиваться вокруг оси кинескопа. Оба кольца должны быть намагничены до одинакового уровня, чтобы при встречном их расположении суммарное поле было близким нулю, то есть чтобы луч под действием этого поля сдвигался не более чем на 1—2 мм (на экране кинескопа с диагональю 59 или 61 см). С другой стороны максимальное суммарное поле, создаваемое обоими кольцами вместе, должно обеспечить сдвиг лучей на экране по окружности диаметром не менее 20 мм (если оба кольца повернуть на 360°). Магнит чистоты цвета может быть расположен на горловине кинескопа либо непосредственно за магнитами радиального сведения лучей, либо позади магнита синего луча.

Если поворачивать одно кольцо относительно другого, то напряженность магнитного поля внутри кольцевых магнитов изменяется от максимума при совмещении одноименных полюсов до минимума при совмещении разноименных полюсов, вызывая тем самым соответствующее радиальное перемещение лучей. Если вращать оба кольца одновременно, то направление магнитного поля изменяется и происходит перемещение трех электронных лучей по окружности, то есть их азимутальное перемещение. Диаметр окружности определяется напряженностью магнитного поля, которая зависит

от положения кольцевых магнитов относительно друг друга. Таким образом достигается параллельное смещение трех электронных лучей в плоскости, перпендикулярной оси кинескопа, что позволяет смещать центр отклонения лучей, корректируя неточность сборки кинескопа.

III. 41. Какова электрическая схема включения масочных кинескопов 59ЛКЗЦ (61ЛКЗЦ).

На рис. III. 45 показан один из вариантов электрической схемы включения масочного кинескопа 59ЛКЗЦ (61ЛКЗЦ).

Катоды кинескопа — контакты *2, 6* и *11*, панельки кинескопа (рис. III. 46) обычно оказываются потенциально связанными с анодными или коллекторными цепями видеоусилительных каскадов. Поэтому постоянное напряжение катодов определяется режимом по постоянному току этих усилительных каскадов. В приведенной электрической схеме катоды кинескопа находятся под постоянным напряжением порядка 220—290 В относительно шасси, регулируемым потенциометром яркости. С выхода канала яркости (вопрос III. 12) на катоды масочного кинескопа подается яркостный видеосигнал с амплитудой порядка 80—100 В.

При воспроизведении цветного изображения на модуляторы (контакты *3, 7* и *12*) с декодирующего устройства поступают цветоразностные сигналы с амплитудой 75—160 В. Постоянное напряжение на модуляторах составляет 110—120 В — отрицательное по отношению к потенциалам соответствующих катодов. При проведении операций по контролю и настройке телевизоров цветного изображения иногда возникает необходимость в запирании электронных пушек. Для этого в цепях модуляторов предусмотрено соответствующее переключение, которое приводит к уменьшению положительного напряжения на модуляторе до 20—30 В, что обеспечивает надежное запирание соответствующей пушки.

Для питания ускоряющих электродов (контакты *4, 5* и *13*) обычно используется напряжение вольтдобавки, вырабатываемое в схеме строчной развертки (вопрос III. 28), которое снимается с трех потенциометров. Величина постоянного напряжения на каждом ускоряющем электроде должна устанавливаться индивидуально своим потенциометром. Ускоряющие электроды помимо своей основной функции — формирование электронного луча используются также для запирания кинескопа на время обратного хода. Для этого на ускоряющие электроды подаются строчные и кадровые импульсы обратного хода.

К фокусирующему электроду, вывод которого расположен на цокольной части кинескопа (контакт *9*), подводится постоянное напряжение порядка 5 кВ (вопрос III. 30). Фокусирующий электрод является общим для всех электронных пушек. Второй анод кинескопа питается постоянным стабилизированным напряжением порядка 25 кВ, вырабатываемым в схеме строчной развертки (вопрос III. 31).

Подогреватели всех трех пушек соединены внутри трубки параллельно. К двум выводам подогревателей (контакты *1* и *14*) подводится переменное напряжение 6,3 В. В схеме телевизора один из выводов подогревателя обычно через резистор 100 кОм соединяют с одним из катодов кинескопа. Этим обеспечивается выравнивание потенциалов подогревателя и катода, что необходимо для предотвращения электрического пробоя между катодом и подогревателем.

Внутри цветного кинескопа возможны высоковольтные разряды, вероятность которых возрастает по мере увеличения напряжений второго анода и фокусирующего электрода. Такой разряд сопровождается резким увеличением напряжений на фокусирующем и ускоряющем электродах, модуляторах и катодах. Это может привести к частым выходам из строя:

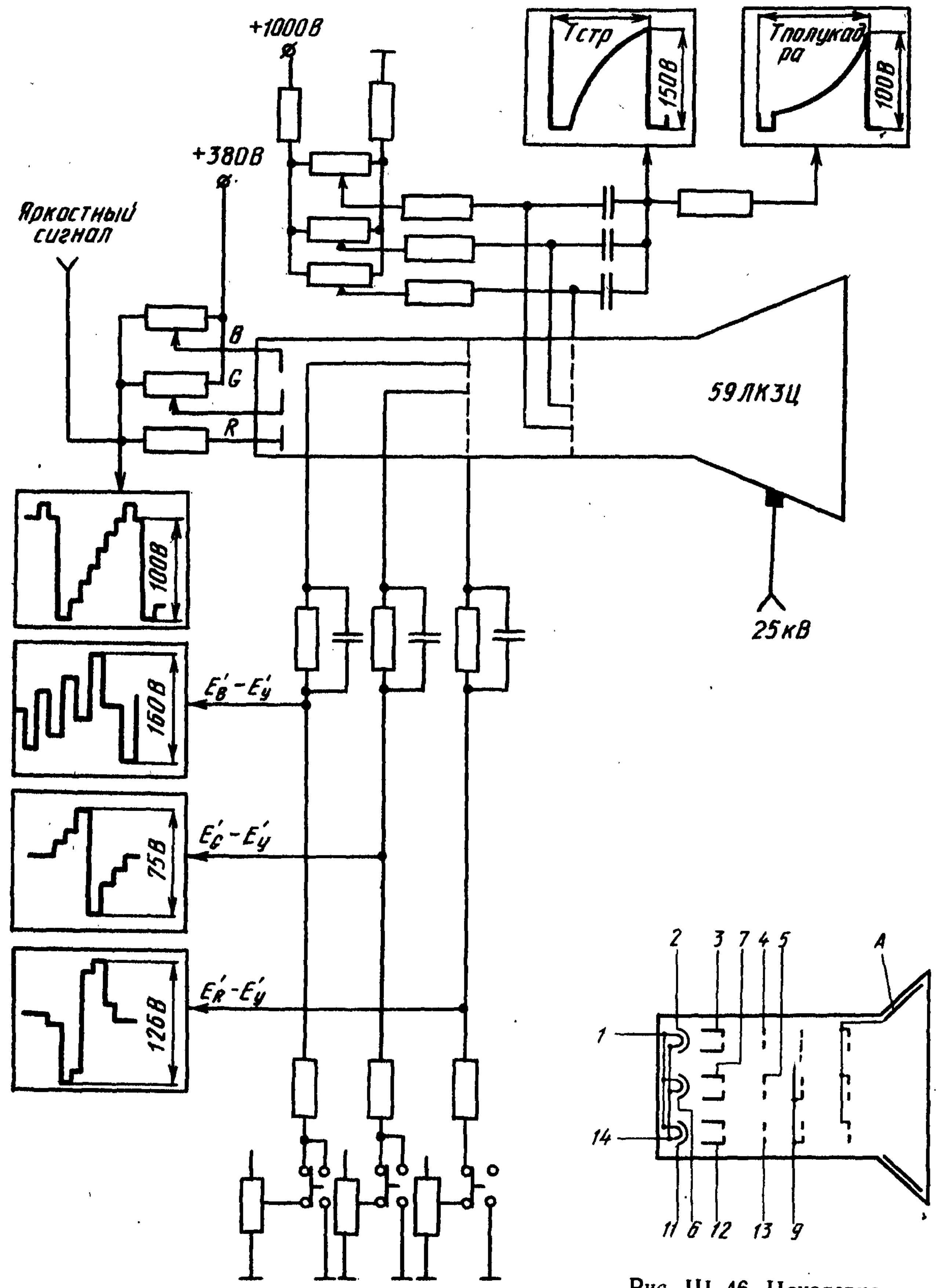


Рис. III. 45. Электрическая схема включения масочного кинескопа

Рис. III. 46. Цоколевка кинескопов 59ЛК3Ц и 61ЛК3Ц:

1, 14 — подогреватели; *2, 6, 11* — катоды соответственно красной, зеленой и синей пушек; *3, 7, 12* — модуляторы соответственно красной, зеленой и синей пушек; *4, 5, 13* — ускоряющие электроды красной, зеленой и синей пушек; *9* — фокусирующий электрод, А — *анод* (*боковой* вывод на конусе).

кинескопа, транзисторов, полупроводниковых диодов и ламп, имеющих электрическую связь с электродами кинескопа. Чтобы защитить элементы электрической схемы и повысить их надежность, предотвратить появление разрядов в кинескопе, на всех выводах цокольной части кинескопа, исключая выводы подогревателей, устанавливаются искровые разрядники, которые в промышленных телевизорах выполняются на печатной плате. Разрядники и ламповая панель кинескопа сочленяются в один узел, размещаемый в непосредственной близости от кинескопа.

ГЛАВА IV

ВЫЯВЛЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЦВЕТНЫХ ТЕЛЕВИЗОРАХ

IV. 1. Можно ли переделать черно-белый телевизор на цветной?

Цветной телевизор содержит ряд специфических блоков и узлов, которых нет в обычном телевизоре. Это весьма сложной конструкции трехлучевой кинескоп, блок выделения сигналов цветности, мощные выходные каскады строчной и кадровой разверток, отклоняющие системы, системы магнитов совмещения изображений и магнитов сведения, блок формирования сигналов сведения.

Однако изучение структурных схем черно-белого и цветного телевизоров показывает, что ряд узлов и блоков у них общие: селектор каналов, усилители промежуточной частоты изображения и звука, видеодетектор, усилитель низкой частоты, синхроселектор, блок питания и ряд других узлов и деталей (вопрос III. 2). Поэтому порой возникает мысль о возможности использования черно-белого телевизора в качестве составной части цветного (путем создания приставки, которая содержит перечисленные выше специфические «цветные» блоки или путем установки этих блоков в черно-белый телевизор).

Более глубокий анализ показывает неперспективность этих идей в таком простом понимании. Дело в том, что стоимость специфических «цветных» блоков и узлов превышает стоимость блоков, используемых в черно-белом телевизоре, минимум в 4 раза. При этом стоимость цветного кинескопа с узлами развертки и сведения составляет не менее 75 % суммарной стоимости всех цветных блоков.

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что использование черно-белого телевизора в качестве составной части цветного экономически не оправдано.

IV. 2. Какие основные дефекты черно-белого и цветного изображений возникают в схеме цветного телевизора?

К основным дефектам черно-белого изображения в цветном телевизоре можно отнести: отсутствие изображения или слабое его проявление; неравномерное воспроизведение яркости; окрашивание отдельных участков; волнистое искажение вертикальных и горизонтальных линий и нарушение однородности цвета свечения экрана; окрашивание изображения по всему полю экрана в основной или дополнительный цвет; размытие или излишне подчеркнутые вертикальные контуры деталей совмещенного изображения; повторы на вертикальных яркостных переходах; появление смазанного и нечеткого изображения, при этом на вертикальных переходах от черного к белому и от белого к черному возникают оттенки

основных и дополнительных цветов; расплывание изображения, ухудшение фокусировки и сведения при увеличении яркости и контрастности; дефокусировка изображения; подушкообразные и бочкообразные искажения; недостаточный или чрезмерный размер по вертикали или по горизонтали; нелинейность по вертикали или по горизонтали; нарушение центровки изображения; цветные окантовки; окрашивание черно-белого изображения и изменение оттенка окрашивания при регулировке яркости и контрастности; отсутствие гашения обратного хода лучей и фиксации уровня черного; черно-белые и цветные фоновые полосы; крупноструктурные цветные шумы.

Высокое качество воспроизведения черно-белого изображения означает, что все узлы цветного телевизора, участвующие в формировании черно-белого изображения, работают нормально. К этим узлам относятся: селектор каналов, усилитель промежуточной частоты изображения; усилитель яркостного сигнала, включая его линию задержки; канал синхронизации и каскады разверток; масочный кинескоп и цепи его регулировки; система отклонения и узлы ее юстировки; высоковольтный блок с устройством стабилизации высоковольтного напряжения и блок питания с коллектором; система автоматического размагничивания; цепи фиксации уровня черного, ограничения тока луча, гашения обратного хода и узлы, косвенно влияющие на качество черно-белого изображения; оконечные каскады цветоразностных усилителей при гальванической связи с кинескопом, декодирующая матрица, демодуляторы сигналов цветности и ручной выключатель канала цветности.

Качество черно-белого изображения оценивается по черно-белым испытательным таблицам, например, ТИТ-0249. Используя для этой цели испытательный сигнал, формирующий цветное изображение (УЭИТ или вертикальные цветные полосы, вопросы II. 7, II. 9), канал цветности отключают автоматически или вручную.

Обнаружение неисправностей в цветных телевизорах по испытательным изображениям основано на особенностях их формирования на экране цветного телевизора. Известно, что при цветном изображении яркость и четкость деталей определяется черно-белой, а окраска — цветной составляющей полного телевизионного сигнала (вопрос VII. 19). Таким образом, обязательным условием высококачественного цветного изображения является наличие хорошего черно-белого изображения.

Дефекты цветного изображения в основном сводятся к отсутствию или неустойчивости сигнала цветности, воспроизведению цветного изображения с малой насыщенностью или неправильному воспроизведению цветов, то есть цветовых оттенков (неправильная фаза сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$, отсутствие цветоразностных сигналов, расстройка нулевых точек частотных детекторов, ограничение на белом полного цветного сигнала); искажению вертикальных цветовых переходов (повторы, окантовки, искажения на переходах цветового тона, рассовмещения яркостного и цветового переходов) и появлению перемещающихся по цветному изображению структурных помех (разнояркость строк на цветном изображении, зигзагообразные узоры на цветных полосах и др.).

Если при испытательной передаче цветное изображение хорошее, то можно допустить, что все неисправности устранены и каскады формирования цветного изображения исправны. К ним относятся: цепь высокочастотной коррекции на входе канала цветности, первый ограничитель, полосовые усилители прямого и задержанного сигналов, ультразвуковая линия задержки, коммутатор, симметричный триггер, ограничители в цепях регулировки насыщенности, демодуляторы в каналах цветоразностных сигналов и, если имеется в канале опознавания, устройство дематрицирования, выходные цветоразностные усилители и цепи коррекции

видеопредыскажений, цепи цветовой синхронизации, фильтр подавления поднесущей в канале яркостного сигнала (вопросы III. 12—III. 24).

Выявление неисправности должно производиться путем предположения места ее возникновения, проверки этого предположения, а не путем бессистемного экспериментирования (случайного попадания), что отнимает время и приведет к новым неисправностям.

В случае каких-либо нарушений в работе телевизора прежде всего необходимо убедиться в том, что напряжение питающей сети в пределах нормы, а антенна не имеет обрывов и коротких замыканий. Перед тем как приступить к отысканию неисправности, необходимо попытаться восстановить нормальную работу телевизора путем настройки с помощью внешних органов управления и затем выяснить, от чего зависят имеющиеся дефекты качества изображения и звука: от неисправности телевизора или от внешних причин (плохие условия приема, индустриальные помехи, нестабильность питающей сети и т. д.).

В табл. IV. 1 приведены характерные дефекты и их возможное местонахождение в схеме на основе внешних признаков неисправностей цветных телевизоров.

Таблица IV. 1

Характерные неисправности и их возможное местонахождение в узлах цветных телевизоров

Внешние признаки неисправности	Возможное место неисправности	Предполагаемая причина
1. На экране кинескопа черно-белое изображение отсутствует или очень слабое	Антенная система, селектор каналов, УПЧИ, АПЧГ, АРУ, видеодетектор, усилитель яркостного сигнала	Обрыв, короткое замыкание или недостаточное усиление в тракте полного цветного или яркостного сигнала
2. Окрашивание участков черно-белого изображения	Устройство автоматического размагничивания, отклоняющая система, магнит регулировки чистоты цвета, система сведения, кинескоп	Нарушение однородности цвета свечения экрана
3. Черно-белое изображение по всему полю окрашено в основной или дополнительный цвет	Цепи управления кинескопом (катодные цепи, оконечные каскады цветоразностных усилителей), система прожекторов	Нарушения режима работы кинескопа по постоянному и переменному токам
4. Смазанное и нечеткое черно-белое изображение. На вертикальных переходах от черного к белому (и наоборот) возникают оттенки основных и дополнительных цветов	Панель кинескопа, кинескоп	Замыкание или утечка между катодом и подогревателем кинескопа
5. При увеличении яркости или контрастности изображение расплывается, ухудшается фокусировка и сведение	Каскады строчной развертки, высоковольтный выпрямитель, стабилизатор высоковольтного напряжения, цепи восстановления постоянной составляющей, цветоразностные усилители, выходной каскад яркостного канала	Недостаточная стабилизация высоковольтного напряжения

Внешние признаки неисправности	Возможное место неисправности	Предполагаемая причина
6. Изображение расфокусировано	Выпрямитель фокусирующего напряжения, высоковольтный выпрямитель, его стабилизирующее устройство, демпфер, кинескоп	Напряжение на фокусирующем электроде не соответствует номинальному (Диод 5ГЕ200АФ-С/4Д1, рис. III.34) и другие цепи фокусировки
7. Неравномерное воспроизведение изображения в области светлых яркостных градаций	Автоматическая регулировка усиления, яркостный канал	Ограничение яркостного сигнала
8. Размыты или излишне подчеркнуты вертикальные контуры деталей совмещенного черно-белого изображения	Антенная система, селектор каналов, УПЧИ, АПЧГ, АРУ, яркостный канал, схема отключения контура режекции цветовой поднесущей	Расстройка канала изображения
9. Повторы на вертикальных яркостных переходах	Антенная система, селектор каналов, УПЧИ, яркостная линия задержки и цепи ее согласования	Наличие отраженных сигналов
10. Окрашивание черно-белого изображения на разных уровнях яркости и изменение оттенка окрашивания при регулировке яркости или контрастности	Кинескоп и цепи питания его электродов (катоды, управляющие и ускоряющие сетки)	Нарушение баланса белого
11. Цветные окантовки на черно-белом изображении	Магниты радиального и бокового статического сведения, система сведения и разъем подключения регулировочной платы, кинескоп и элементы на его горловине, выходной кадровый и строчный трансформаторы, источники питания	Нарушение сведения лучей
12. В различных участках экрана черное воспроизводится неодинаково. Тянучки после ярких деталей. При регулировке контрастности меняется яркость темных участков. Сюжеты с малой средней яркостью воспроизводятся разбеленными	Цепи привязки уровня черного в яркостном канале	Неточная привязка уровня черного
13. Светлые и темные горизонтальные полосы перемещаются по экрану в вертикальном направлении	Источник питания, фильтрующие цепи, устройство стабилизации напряжения питания, пульсирующее напряжение АРУ, кинескоп, селектор каналов	Фон сети переменного тока на изображении

Внешние признаки неисправности	Возможное место неисправности	Предполагаемая причина
14. Черно-белое изображение расцвечено красными и синими крупно-структурными шумами	Выключатель канала цветности и связанные с ним цепи	При приеме черно-белого изображения открыт канал цветности
15. Цветные горизонтальные полосы на изображении через весь экран	Ограничители, частотные детекторы цветоразностных сигналов, цветоразностные усилители и система стабилизации напряжения источников питания	Фон сети переменного тока
16. Волнистое искажение вертикальных и горизонтальных линий и нарушение однородности цвета свечения экрана	Элементы устройства схемы автоматического размагничивания	Неисправность системы автоматического размагничивания
17. Кромки изображения не воспроизводятся или на них присутствует вуаль. Разреженные наклонные черно-белые или цветные линии на поле изображения	Цепи формирования гасящих импульсов, цепь ускоряющих сеток кинескопа, каскады строчной и кадровой разверток	Неточное гашение обратного хода разверток
18. В периферийной части экрана горизонтальные и вертикальные линии искривлены, однако центральная часть остается почти без изменений	Элементы коррекции подушкообразных искажений	Неточная настройка корректора подушкообразных искажений
19. Недостаточный или чрезмерный размер изображения по вертикали или по горизонтали	Задающие или оконечные каскады строчной и кадровой разверток, система сведения, высоковольтный выпрямитель и его устройство стабилизации, блок питания	Нарушение работы узлов отклонения
20. Нелинейность изображения по горизонтали или по вертикали	Задающие и оконечные каскады строчной и кадровой разверток, система сведения, блок питания	Нарушение работы узлов отклонения
21. Центр испытательной таблицы не совпадает с центром экрана. Часть изображения срезана	Регуляторы центровки по вертикали и горизонтали и цепи, связанные с ними, источники питания цепей центровки	Нарушение центровки
22. Цветное изображение отсутствует	Селектор каналов, АПЧГ, УПЧИ, каналы яркости и цветности	Нарушение работы цепи выключателя канала цветности
23. Неправильный порядок чередования цветов на испытательном изображении цветных полос	Симметричный триггер, цепь формирования импульса фазирования, подаваемого на установочный вход симметричного триггера	Неправильная фаза коммутации сигналов D_R' и D_B', ограничение на белом полного цветного сигнала

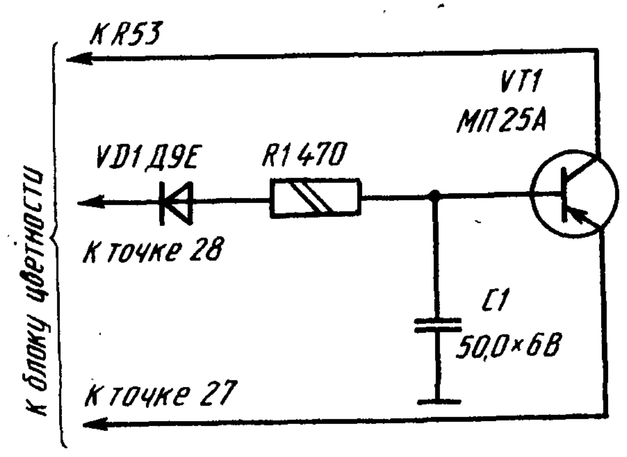
Внешние признаки неисправности	Возможное место неисправности	Предполагаемая причина
24. Неправильный порядок чередования цветов на испытательном изображении цветных полос	Частотные детекторы цветоразностных сигналов	Расстройка нулевых точек детекторов
25. То же	Ограничитель, частотный детектор, входная цепь цветоразностного усилителя	Отсутствие сигнала $E'_R—E'_Y$ или $E'_B—E'_Y$
26. »	Устройство дематрицирования	Отсутствие сигнала $E'_G—E'_Y$
27. Искажения вертикальных цветовых переходов	Селектор каналов, АПЧГ, УПЧИ, цепь высокочастотной коррекции, цепь коррекции видеопредыскажений	Неточная настройка гетеродина, цепи высокочастотной коррекции, цепи коррекции видеопредыскажений
28. То же	Яркостная линия задержки, канал яркостного сигнала, канал сигнала цветности	Временное рассогласование яркостной и цветовой составляющих
29. Насыщенность цветов мала или чрезмерна. Искажение цветовых оттенков	Каналы R—Y и B—Y, матрица	Нарушение дематрицирования
30. Воспроизведение телесного цвета искажено	Цепи регулировки цветового тона, баланс белого, частотные детекторы цветоразностных сигналов и цепи дематрицирования	Нарушение регулировки цветового тона, баланса белого, нулевых точек частотных детекторов, дематрицирования
31. Структурные помехи на цветном изображении	Симметричный триггер, электронный коммутатор, цепь счетного входа симметричного триггера; прямой и задержанный каналы цветности	Отсутствие коммутации сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$; различие в размахах прямого и задержанного сигналов
32. То же	Контур режекции поднесущей, система автоматического выключения контура режекции; электронный коммутатор, прямой и задержанные каналы, каналы R—Y и B—Y; ультразвуковая линия задержки	Недостаточная режекция поднесущей в яркостном канале; перекрестные искажения в каналах цветности; временное рассогласование прямого и задержанного каналов блока цветности

IV. 3. Как защитить цветной кинескоп в телевизорах УЛПЦТ-59-II от прожога при выходе из строя кадровой развертки?

Цветные телевизоры УЛПЦТ-59-II не имеют устройств защиты кинескопа от разрушения люминофора при выходе из строя кадровой развертки, когда на экране возникает яркая горизонтальная полоса. Для устранения этого недостатка в схему телевизора необходимо ввести устройство, схема которого показана на рис. IV.1.

Импульсы обратного хода кадровой развертки, поступающие с точки

Рис. IV. 1. Принципиальная схема защиты кинескопа от прожога при выходе из строя кадровой развертки в телевизоре УЛПЦТ-59-П.



28 блока цветности (рис. III.30), выпрямляются диодом VД1 и сглаживаются интегрирующей цепочкой R1C1 до уровня минус 0,2—0,4 В. При этом транзистор VT1, включенный в цепь регулировки яркости, находится в режиме насыщения и имеет незначительное сопротивление. При отсутствии кадровых импульсов цепь регулировки яркости разрывается, так как транзистор VT1 закрыт.

Защитное устройство монтируют на небольшой плате, которую крепят к блоку цветности. Предварительно перед распайкой выводов необходимо разорвать печатную дорожку, идущую от резистора 2R53 к точке 27.

IV. 4. По каким признакам можно судить о частичной потере эмиссии катодов кинескопа?

Кроме недостаточной яркости свечения экрана о частичной потере эмиссии кинескопа можно судить по нарушению баланса белого (вопрос II. 4), в котором начинает преобладать один какой-нибудь цвет. Работу электронных пушек масочных кинескопов следует оценивать независимо друг от друга.

Если одна электронная пушка полностью не работает, то соответствующий ей цвет на изображении отсутствует. Кинескоп воспроизводит черно-белое изображение с дополнительным оттенком.

При просмотре изображения в основных цветах легко установить, что яркость одного из них оказывается меньше. При этом две остальные пушки следует выключить. Если при увеличении яркости и контрастности выше определенного предела наблюдается появление серебристого оттенка или бликов с заметным ухудшением фокусировки, это свидетельствует о частичной потере эмиссии данной пушки. Признаком частичной потери эмиссии является также постепенное улучшение фокусировки с прогревом телевизора после его включения.

Если после включения телевизора черно-белое изображение воспроизводится с пурпурным оттенком, который через 15 мин исчезает, и изображение становится черно-белым, это также свидетельствует о низкой эмиссии катодов кинескопа. Для проверки в этом случае включают красную и синюю пушки и, пока кинескоп не прогрелся, изменяют яркость свечения экрана. В результате низкая эмиссия будет заметна как ограничение яркости участков изображения при увеличении яркости и контрастности.

Эмиссионную способность катода каждой пушки кинескопа можно проверить авометром, измеряя ток катода. Для этого необходимо в блоке цветности разомкнуть части резъема Ш21 (рис. III. 2а) и между ними включить авометр, измеряющий постоянный ток до 0,5—0,6 мА. Поочереди выключая две пушки из трех (размыкая разъемы Ш22—Ш24) и устанавливая регулятор яркости в положение максимального значения, измеряют ток катода каждой пушки. У пушек с хорошей

эмиссионной способностью максимальный ток должен быть не менее 200 мкА. При токе около 100 мкА яркость свечения экрана в одном из цветов может оказаться недостаточной, а при токе 50 мкА и менее попытки увеличить яркость приводят к появлению негативного изображения особенно заметного, если включена только одна «усталая» пушка.

IV. 5. Какими способами можно улучшить работу катодов пушек кинескопов, частично потерявших эмиссию?

Улучшить работу катодов пушек в кинескопе можно путем увеличения напряжения накала. Для этого в цепь подогревателя катода последовательно с обмоткой, имеющейся на сетевом трансформаторе, необходимо включить дополнительную обмотку из нескольких витков провода, намотанную на сердечник выходного трансформатора строчной развертки. В результате при включении телевизора на подогреватель сначала поступает нормальное напряжение 6,3 В, а после разогрева ламп блока строчной развертки — еще и дополнительное напряжение, и ток подогревателя увеличивается. Кроме того, время разогрева катода оказывается больше по сравнению с тем, когда на холодный подогреватель воздействует сразу увеличенное напряжение, вредное для него и катода.

Несмотря на указанное положительное свойство, такой способ повышения напряжения накала не всегда рекомендуется, так как при нем возникает нежелательная нагрузка на выходной каскад строчной развертки (вопрос III. 28). Например, при повышении напряжения подогревателя до 9 В его ток возрастет примерно до 1,5 А, а мощность, снимаемая с выходного трансформатора строчной развертки,— более чем на 4 Вт.

Наиболее целесообразно питать подогреватель повышенным напряжением через бареттер или ограничительный резистор. Они ограничивают ток через холодный подогреватель, а бареттер еще и стабилизирует его в процессе эксплуатации кинескопа и на баланс белого перестают влиять колебания напряжения сети.

Повышение напряжения питания подогревателя целесообразнее всего получить от накальных обмоток сетевого трансформатора или от обмотки, дополнительно намотанной на нем. Дополнительную обмотку наматывают проводом ПЭВ-1 диаметром 0,74—0,8 мм поверх имеющихся обмоток на любой половине сердечника сетевого трансформатора. В случае применения бареттера типа 1Б5-9 обмотка содержит 10 витков. При использовании бареттеров типа 0,85Б5-12 и 0,425Б5-12, а также автомобильных ламп напряжением 12 В и мощностью 20 или 25 Вт или резисторов сопротивлением до 10 Ом на мощность рассеяния 7,5—10 Вт обмотка имеет 12 витков. Дополнительную обмотку соединяют последовательно с имеющейся обмоткой подогревателя кинескопа. При желании можно намотать обмотку, содержащую 19 или 21 виток того же провода, позволяющую иметь напряжение 13 или 14,5 В, и совсем не использовать имеющуюся обмотку подогревателя кинескопа.

IV.6. Какие нарушения цветовой синхронизации возможны в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II и по каким причинам?

Нарушение цветовоспроизведения на цветном изображении при нормальном черно-белом изображении может возникнуть из-за неправильной работы устройства цветовой синхронизации, триггера на транзисторах 2Т11 и 2Т12, электронного коммутатора на диодах 2Д19—2Д22 (вопрос III.20), а также из-за уменьшения длительности кадрового гасящего импульса, что приводит к срезу части импульсов сигнала опознавания (вопрос VII.18).

Например, при приеме цветной испытательной таблицы черно-белые ее детали могут окраситься в пурпурный цвет, а последовательность воспро-

изведения цветных полос с желтой, голубой, зеленой, пурпурной, красной и синей (рис. II.18) — на розовую, синию, сине-пурпурную, темно-зеленую, темно-красную и темно-синюю. Это возникает в результате неправильной фазы коммутации триггера на транзисторах 2Т11 и 2Т12 по причине неисправности диода 2Д18 (рис. III.26), дискриминатора на диодах 2Д25 и 2Д26 и каскада на пентодной части лампы 2Л3 устройства цветовой синхронизации (рис. III.30).

Полностью отсутствуют на цветной испытательной таблице зеленые полосы при выходе из строя транзисторов 2Т11, 2Т12 в триггере или при остановке этого триггера из-за пропадания управляющих им импульсов в результате неисправности деталей 2R108, 2R109, 2Д9, 2С68, 2Д16 и 2Д17 (рис. III.26).

Мигание цветного изображения с изменяющейся окраской и яркостью при приеме в одном из телевизионных каналов (частично устраняется при ручной подстройке частоты гетеродина с некоторой потерей правильной цветопередачи) возникает при проникновении в канал цветовой синхронизации помех, отрицательные выбросы которых вызывают срабатывание симметричного триггера. Для устранения влияния помех подстроечным резистором 2R10 (рис. III.30) необходимо установить продолжительность кадрового гасящего импульса в точке 2КТ13, равную 1 мс или уменьшить его ширину до среза последних двух строк сигнала опознания. При появлении в верхней части изображения линий обратного хода кадровой развертки (зеленых при приеме цветного изображения) длительность обратного хода кадровой развертки с помощью подстроечного резистора 3R49 (рис. III.32) следует уменьшить до исчезновения видимости этих линий.

Если мигание остается не изменяя окраски цветного изображения, это свидетельствует о недостаточной длительности кадрового гасящего импульса, из-за чего часть импульсов сигнала опознавания срезается. В этом случае необходимо подстроечным резистором 2R10 уменьшить ширину кадрового гасящего импульса до среза последней строки опознавания (или установить длительность кадрового импульса 1 мс).

IV.7. Каковы характерные неисправности УПЧИ и их внешние признаки в телевизорах УЛПЦТ-59/61-II?

При отсутствии изображения и звукового сопровождения выявление неисправности необходимо начинать с проверки состояния антенны, высокочастотного блока, схем АРУ и АПЧГ (вопросы III.5, III.8, III.9). При этом необходимо проверить наличие напряжение +12 В на стабилитроне 7Д1 и исправность элементов 7R7, 7Д1, 7С2 в блоке управления (рис. III.3). Если напряжение на эммитере 1Т11 без сигнала +10 — 12 В, необходимо убедиться, что УПЧИ открыт, измерив напряжение на резисторе 1R48 (рис. III.7). Оно должно быть в пределах +1,5—2,5 В. Если напряжение на 1R48 +4,5—6 В, это говорит о неисправности транзистора 1Т5 или элементов, определяющих его режим. При нормальном напряжении на 1R48 без сигнала убедиться, что СК-М-15 открыт. Для этого необходимо измерить напряжение на контрольной точке 1КТ16. Без сигнала оно должно быть в пределах +9 В ± 0,5 В.

Проверку УПЧИ следует производить начиная со входа видеоусилителя яркостного канала. Если видеоусилитель исправен, то при касании отверткой к эмиттеру транзистора 1Т9 (рис. III.7) на экране телевизора появятся темные и светлые полоски или сетка, а в громкоговорителе — шум. Если видеоусилитель работает нормально, с помощью омметра проверяется исправность диода видеодетектора 1Д6, резистора нагрузки 1R65 и элементов коррекции видеодетектора 1Др2, 1Др3, 1С73 и 1С74.

Если схема видеодетектора также оказалась исправной, проверяют каскады УПЧИ на прохождение сигналов. Это производится касанием

отвертки или пинцетом к базам транзисторов, начиная с последнего и заканчивая первым каскадом или антенным вводом (последовательно: база транзистора 1Т8, 1Т7, 1Т5 и, наконец, вывод резистора 1R41). При исправности каскадов на экране кинескопа будут проскакивать темные или светлые штрихи, а в громкоговорителе прослушиваться щелчки.

Нарушения в работе УПЧИ в основном происходят из-за выхода из строя его элементов. Для того, чтобы убедиться в исправности транзисторов, измеряют напряжения на их выводах при работающем телевизоре. Следует помнить, что напряжения на выводах транзистора 1Т5 будут соответствовать указанным на схеме при отсутствии сигнала и, конечно, при исправном устройстве АРУ. Если напряжение на выводах какого-либо транзистора отличается от указанного на схеме более чем на 15 %, то измеряют сопротивления переходов транзистора в прямом и обратном направлениях при выключенном телевизоре. Причем не обязательно выпаивать транзистор из печатной платы. При таком измерении у исправных транзисторов сопротивление переходов в прямом направлении будет равно нескольким сотням Ом, а в обратном — нескольким килоомам.

Напряжения на выводах транзисторов 1Т5—1Т8 могут также отличаться от указанных на схеме по причине обрыва токопроводящего слоя или выводов резисторов 1R45, 1R47, 1R54, 1R56—1R58 и 1R60—1R62, а также из-за межэлектродного замыкания в конденсаторах 1С46—1С48, 1С50, 1С57, 1С61, 1С62 и 1С68. При обрыве выводов этих конденсаторов уменьшается коэффициент передачи УПЧИ, а его частотная характеристика может исказиться так, что сильно уменьшится контрастность изображения, ухудшится качество звукового сопровождения и возникнет несовпадение настроек на хорошие звук и изображение. На коллекторах транзистора 1Т5, 1Т6 и 1Т8 напряжения могут сильно отличаться от указанных на схеме из-за обрыва в катушках 1L13, 1L14 и 1L16. При замыкании выводов этих катушек с общим проводом напряжения на коллекторах указанных транзисторов будут отсутствовать.

Для проверки диода 1Д6 в видеодетекторе достаточно измерить сопротивление между контрольными точками 1КТ11 и 1КТ12. При прямом включении омметра и исправном диоде 1Д6 сопротивление будет равно нескольким сотиям Ом, а при обратном — около 3 кОм. Из-за неисправности видеодетектора цветное и черно-белое изображения будут отсутствовать, а звук будет уверенно приниматься. Если же неисправен детектор на диоде 1Д5, то и при нормальном изображении будет отсутствовать звук.

ГЛАВА V

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

V. 1. Что такое свет, цвет и цветовое зрение?

Получение зрительной информации о внешнем мире, форме предметов, их пространственном расположении, которое мы обычно называем зрением, осуществляется с помощью зрительного аппарата. Он слагается из органа зрения — глаза, нервной системы и зрительной коры головного мозга.

С психофизиологической точки зрения ощущение света создается в зрительном аппарате человека электромагнитными колебаниями с длинами

волн от 380 до 780 нм*, падающими в глаз человека. В обширном спектре существующих в природе электромагнитных волн видимый свет занимает лишь узкую полоску, которая в значительно увеличенном виде показана на цв. рис. V. 1. Волны этого диапазона обычно называют световыми или видимым излучением. Колебания с более короткой длиной волны, до 10 нм, называют ультрафиолетовыми, а с более длинной волной, до 3400 нм, инфракрасными.

Ограничение спектра видимых человеческим глазом лучей явилось результатом многовекового его приспособления к лучшему восприятию окружающего объективного мира. Граница чувствительности глаза со стороны коротковолновой части видимого спектра близка к самым коротковолновым солнечным лучам, проникающим на землю сквозь атмосферу (290 нм). Поэтому чувствительность глаза к более коротким волнам не имела бы биологического смысла.

Ограничение чувствительности со стороны длинноволновой части видимого спектра вызвано наличием тепловых излучений всех предметов. Без этого ограничения глаз воспринимал бы как свет тепловые излучения даже собственных оболочек и внешний мир был бы для него невидимым из-за собственных излучений глаза.

Чем больше интенсивность потока лучей, попадаемых в глаз, тем ярче кажется нам источник света. Однако в области видимого спектра глаз ощущает свет по-разному. Электромагнитные колебания с различной длиной волн вызывают ощущение света с различной цветовой окраской. Следовательно, цвет — характеристика зрительного восприятия световых излучений, позволяющая различать их не только по интенсивности, но и по спектральному составу.

Если световой поток создается излучением одной длины волны или очень узким участком спектра, он называется монохроматическим. По аналогии с тонами музыкальной гаммы цветовые оттенки монохроматического света объединены в семь главных спектральных цветов: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый** (табл. V. 1). Следует заметить, что разделение видимого спектра на семь цветовых областей чисто условно. В действительности последовательность цветов спектра непрерывна, и каждый данный цвет переходит в соседний плавно и постепенно.

Непрерывный спектр этих цветов впервые получил Исаак Ньютон в 1666 году при пропускании пучка солнечного (белого) света через трехгранную стеклянную призму (цв. рис. V. 2). Если на пути многоцветных лучей, вышедших из первой призмы, поставить вторую такую же призму, то они (лучи) вновь образуют единый пучок белого света.

Таким образом, солнечный свет состоит из спектральных цветов, представляющих собой монохроматические световые потоки. Суммарное воздействие на глаз всего видимого спектра, имеющего распределение энергии по спектру такое же, как и в солнечном свете, создает ощущение белого (ахроматического) света (цвета). Любое другое распределение энергии в спектре света ощущается как цвет. Поэтому восприятие цвета и яркости деталей наблюдаемого объекта (изображения) зависит не только от характера самого объекта, но и от спектрального состава света, осве-

* нм — нанометр. Ранее длины волн измерялись в миллимикронах (ммк) и ангстремах (Å) · 1 нм = $1 \cdot 10^{-9}$ м = 1 ммк = 10 Å.

** Если требуется запомнить эту последовательность, то удобно пользоваться мнемонической фразой-шуткой, первые буквы которой соответствуют первым буквам названий цветов спектра от красного к фиолетовому: Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан.

Таблица V.1

Спектральные цвета солнечного (белого) света

Цвет	Граница цветовой области, нм	Доминирующая длина волны, нм	Ширина области, нм
Красный	780—605	687	175
Оранжевый	605—590	589	15
Желтый	590—560	580	30
Зеленый	560—500	527	60
Голубой	500—470	485	30
Синий	470—430	440	40
Фиолетовый	430—380	397	50

щающего объект, а также распределения в нем энергии. Чтобы избежать ошибок при визуальном определении цвета и яркости наблюдаемого объекта или при соответствующих светотехнических расчетах, необходимо указывать спектральный и энергетический составы света, при котором происходит наблюдение. Процесс восприятия цвета глазом называется цветовым (хроматическим) зрением.

V. 2. На каких свойствах зрения основано цветное телевидение? Важной особенностью зрения является инерционность восприятия световых раздражений, то есть возникновение и прекращение фотохимической реакции в сетчатке после начала и окончания воздействия на нее импульса света происходит не мгновенно, а в течение некоторого времени. Для обычно встречающихся условий наблюдения время нарастания зрительного ощущения около 0,1 с (при этом ощущение от красного цвета нарастает быстрее всего, а от синего наиболее медленно). Время сохранения светового возбуждения сохраняется в течение 0,4—1,0 с после окончания действия светового раздражителя (наиболее быстро затухают ощущения от красного цвета, затем зеленого и синего).

Это свойство зрения позволяет производить поэлементную развертку изображения от строки к строке и от одного полукадра к другому, то есть изображение передается и принимается по частям в виде быстро сменяющейся последовательности строк и кадров. Согласно телевизионному стандарту, используемому в нашей и ряде других стран, изображение раскладывается на 625 строк и передается 25 раз в секунду.

В действительности этот процесс в технике телевизионного вещания происходит значительно сложнее. Для сокращения полосы частот спектра телевизионного сигнала применяется черезстрочная развертка, то есть полный растр прочерчивается в два приема. Сначала за время, равное 1/50 с, передаются (воспроизводятся) только нечетные строки: 1-я, 3-я, 5-я и т. д. до 625-й, которая прочерчивается только до середины. Эта часть растра называется полем нечетных строк или нечетным полукадром.

Затем развертывающий электронный луч быстро переводится с низа растра вверх и попадает в точку, лежащую на одном уровне с началом первой нечетной строки. При этом луч попадает на середину верхней кромки изображения и заканчивает вторую половину 625-й строки.

После луч прочерчивает все четные строки: 2-ю, 4-ю, 6-ю и т. д. и полностью заканчивает 624-ю строку. Так формируется поле четных строк или четный полукадр.

Если наложить оба полукадра друг на друга, то получится полный растр из 625 строк. Это происходит потому, что во время формирования четного полукадра строки ложатся точно посредине между строками нечетного полукадра.

Таким образом, благодаря инерционности зрения физически дискретная развертка изображения воспринимается нами как изображение цельное, так как глаз еще «не забудет» изображения первого элемента к моменту воспроизведения изображения последнего элемента. Инерционность нашего зрения позволили при помощи одного канала связи поочередно, поэлементно передавать (воспроизводить) изображение.

Ограниченная разрешающая способность зрения по угловому расстоянию позволяет ограничить число строк в изображении и полосу частот телевизионного канала. Глаз не может различать очень близко распложенные друг к другу элементы изображения. Два предмета, угловое расстояние между которыми меньше одной минуты (1′) кажутся одним предметом. Например, если рассмотреть газетную фотографию с расстояния более 30—40 см, то отдельные точки при высокой печати, из которых эта фотография состоит, не различаются.

Ограниченная разрешающая способность по перемещениям лежит в основе передачи и воспроизведении движущихся предметов. Для того чтобы движения были плавными, надо каждое изменение положения предметов передавать небольшими «порциями», то есть различия в передаваемых картинках должны быть достаточно малыми. Движение передается путем покадрового воспроизведения отдельных мало отличающихся друг от друга фаз движения.

Одинаковая разрешающая способность по угловому расстоянию во всех направлениях означает независимость остроты зрения от направления. Практически это означает, что требования к размерам элементов изображения и расстоянию между ними могут быть одинаковыми. Поэтому как в черно-белом, так и в цветном телевидении полосу частот телевизионного сигнала яркости (вопрос VI. 8) выбирают исходя из того, чтобы длительность одного элемента изображения вдоль строки (она равна 0,04 мкс) была равна расстоянию между соседними строками.

Глаз различает отдельные участки поверхности друг от друга по цвету только в том случае, если они имеют размеры, соответствующие четырем или более элементам изображения. Благодаря этому обеспечивается возможность поочередной черезстрочной передачи сигналов цветности (вопрос VI. 1).

Если на цветном изображении имеются близко расположенные разноцветные детали, то с большого расстояния мы не различаем цвета отдельных деталей. Вся группа будет восприниматься окрашенной в один цвет в соответствии с законами смешения цветов (вопрос V. 7). Например, в текстильной промышленности путем сплетения разноцветных нитей получают ткани разных оттенков.

В телевидении пространственное усреднение цвета позволяет в цветном кинескопе цвет одного элемента изображения формировать из трех цветов рядом расположенных люминофорных зерен (красного, зеленого и синего) (рис. III. 42).

Ограниченная разрешающая способность цветового зрения положена в основу создания одновременных систем цветного телевидения (вопрос VI.6). Сущность этого свойства глаза заключается в том, что по мере уменьшения размеров разноцветных деталей прежде всего утрачивают цвет фиолетовые

детали, затем — желто-оранжевые, далее — синие, красные и, наконец, сине-зеленые детали. Экспериментально установлено, что минимальным цветоразрешающим углом зрения является угол, равный примерно 6—10′. При рассмотрении мелких деталей под углом зрения менее 6′ практически все цвета не отличаются от серых.

Некоторое уменьшение объема информации о цвете в системах цветного телевидения достигается ограничением точности цветовоспроизведения на основе технически обоснованных норм, разработанных с учетом свойств цветового зрения. В первую очередь это оказалось возможным потому, что цветовая память, то есть способность запоминания цветов у человека, невысока относительно распознавания цветов при их одновременном сопоставлении. Орган зрения допускает существенные погрешности цветовоспроизведения, когда нет возможности для сравнения воспроизведенного цвета с действительным. Кроме того, сами ощущения цветовосприятия не остаются все время постоянными, а зависят от условий освещенности и свойств источника света, что в свою очередь дополнительно расширяет границы допустимого отклонения воспроизводимой цветности от действительной.

Однако требовательность зрения к точности воспроизведения не одинакова для всех цветов. Острота цветового зрения особенно высока к точности воспроизведения так называемого телесного цвета, то есть цвета кожи лица человека. Поэтому очень удобно при субъективной оценке качества цветопередачи пользоваться цветными кадрами с крупными портретными планами.

Без большого ущерба для качества цветной телевизионной передачи с целью снижения требований к параметрам цветовоспроизводящих устройств в цветном телевидении ограничивается возможность воспроизведения сильно насыщенных цветов, вероятность которых относительно невысока. Однако основное снижение объема информации в цветном телевидении достигается за счет использования ограниченного числа насыщенных цветовых тонов, что оказалось возможным благодаря особому свойству цветного зрения, известному под названием трехкомпонентности цветовосприятия (вопрос V. 3).

Благодаря таким свойствам, а точнее — недостаткам нашего зрения, стала возможной практическая реализация любой из существующих систем цветного телевидения.

V. 3. Что такое «трехкомпонентность цветовосприятия»?

Основой теории цветового зрения является тот установленный экспериментально факт, что все цвета могут быть получены путем сложения (смешения) трех световых потоков, например, красного, зеленого и синего с высокой насыщенностью (вопросы V. 4, V. 8).

Объяснение общих принципов цветового зрения было впервые дано великим русским ученым М. В. Ломоносовым в своей работе «Слово о происхождении света, новую теорию о цветах представляющем, июля 1-го дня 1756 г. говоренное». Ломоносов пришел к выводу, что цветоощущающий (колбочковый) аппарат галаза человека содержит рецепторы (нервные окончания) трех видов*. Причем излучения различных волн возбуждают эти рецепторы неодинаково. Так, первый вид окончаний наиболее чувствителен к длинноволновой части видимого спектра (красно-оранжевой), второй — к средневолновой части спектра (зелено-желтой) и третий —

* Ломоносов считал, что рецепторы нашего глаза воспринимают красную, желтую и голубую части спектра. После уточнения Гельмгольца (1852 г.) за основные цвета были приняты красный, зеленый и синий.

к коротковолновой (сине-фиолетовой). На рис. V. 3 показаны кривые спектральной чувствительности рецепторов глаза, называемые кривыми основных возбуждений.

Обычно световое излучение возбуждает все три вида рецепторов одновременно, и совокупность трех различных возбуждений воспринимается глазом как один какой-либо цвет (при равном возбуждении рецепторов создается ощущение белого цвета). Зрительный аппарат анализирует воздействующий на него свет, определяя в нем относительное содержание различных излучений, а затем в мозгу человека происходит синтез трех возбуждений в единый цвет.

Ученые установили, что нормальное человеческое зрение различает 150 спектральных и 30 насыщенных пурпурных цветов. Благодаря замечательному свойству глаза — трехцветному зрению — для передачи всей гаммы цветов не нужно иметь канал. связи, обладающий в 180 раз большей пропускной способностью, чем обычный черно-белый канал. Правильно выбрав три основных источника цвета и смешав их в определенных пропорциях, можно получить любой из наблюдаемых человеком цветовых оттенков.

Таким образом, отпадает необходимость в непосредственной передаче всех цветов. По телевизионному каналу достаточно передавать информацию только о количественном соотношении трех основных цветов в любой момент времени поэлементной развертки изображения, синтез которых в приемном устройстве дает возможность получить нужной раскраски цветное изображение, соответствующее оригиналу. Соответственно и цветовоспроизводящее устройство должно быть способным воспроизводить только эти три цвета.

Применение специальных технических мер (вопросы VI. 2 и VI. 5) дает возможность еще более сократить необходимую пропускную способность цветного телевизионного канала.

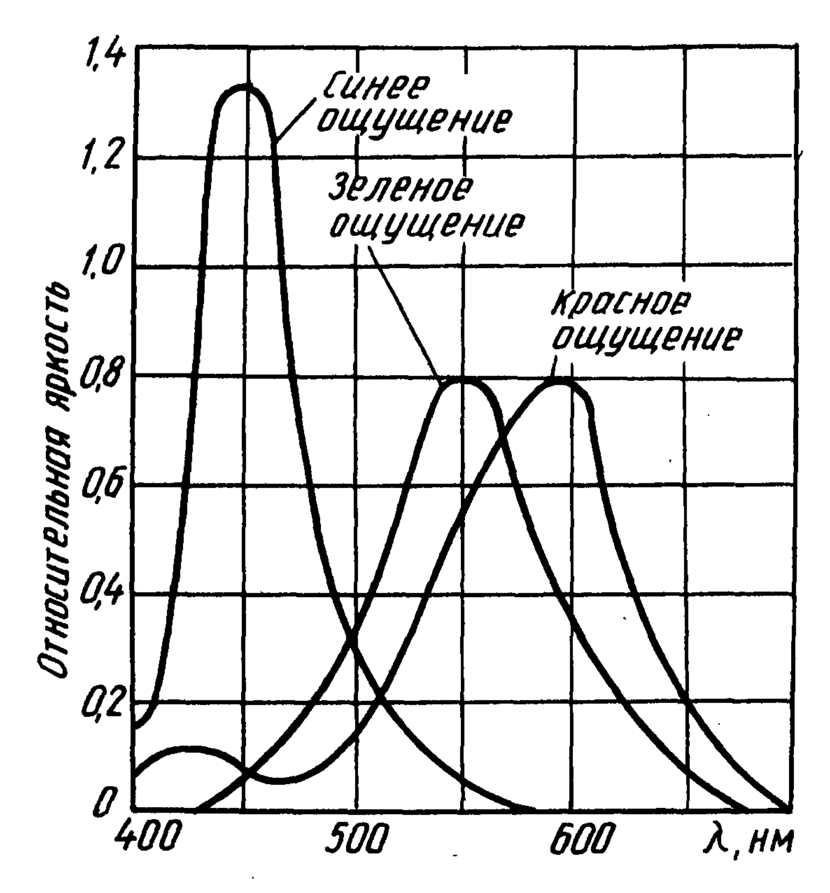


Рис. V. 3. Кривые основные возбуждений

V. 4. Что такое основные и дополнительные цвета?

Важнейшей особенностью трехцветной колориметрии*, основанной М. В. Ломоносовым, является возможность получения любого цвета посредством определенного смешения всего лишь трех спектральных цветов, называемых основными или первичными. Для этого необходимо отобрать такие три цвета, чтобы при смешении любых двух из них ни при каких условиях не получался третий основной цвет. Эти три цвета, комбинаций которых существует множество, называются взаимонезависимыми. Поясняя геометрически, надо представить, что три основных цвета изображаются точками на некоторой поверхности. Эти точки можно представить себе как концы трех векторов, исходящих из общего начала координат, расположенных в некоторой точке пространства. Условие взаимной независимости этих трех векторов означает, что они не должны лежать в одной плоскости, то есть объем построенного на них параллелепипеда не должен быть равен нулю. Примером взаимонезависимых цветов является красный, зеленый и синий; синий, желтый и красный или, точнее, голубой, желтый и пурпурный.

Для всякого цвета можно подобрать такой другой цвет, в смеси с которым в определенной пропорции данный цвет дает ахроматический (белый или серый) световой поток. Такие цвета называются дополнительными. Иначе дополнительными можно назвать два цвета, смешение которых дает нейтральный серый (белый) тон. Примерами таких комбинаций являются: красный или оранжевый и голубой; желтый и синий; зеленый и пурпурный; желто-зеленый и сине-фиолетовый и др. Основные цвета, принятые в цветном телевидении, и дополнительные к ним помещены на цветном круге (рис. V.6).

V. 5. Какими параметрами характеризуется цвет?

Цвет можно характеризовать количественно и качественно. С позиций физики цвет характеризуется яркостью, длиной волны и чистотой (степенью отличия от белого), а с точки зрения субъективного восприятия светлотой, цветовым тоном и насыщенностью, которые являются аналогами приведенных физических характеристик.

Яркость — характеристика удельной интенсивности свечения излучающей или отражающей поверхности. Яркость измеряется силой света, излучаемого единицей поверхности.

Сила света — величина, характеризующая интенсивность излучения света источником в данном направлении. Измеряется плотностью светового потока, излучаемого в малом телесном угле (вокруг данного направления), к величине этого угла. Сила света измеряется в канделах.

Кандела — сила света, испускаемого с поверхности площадью 1/600 000 м^2, полного излучателя в перпендикулярном направлении при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении 101 325 Па*. Кандела принята основной фотометрической единицей в системе СИ. Ранее единица силы света называлась свеча (СВ): 1 кд = 1 СВ.

Единицей яркости является кандела на квадратный метр (кд/м^2). Яркость 1 кд/м имеет источник, у которого каждый квадратный

* «Колор» (лат.) — цвет; «метрон» (греч.) — мера. Колориметрия — наука, занимающаяся вопросами смешения и измерения цветов. Основной задачей колориметрии является определение количественных соотношений между смешиваемыми цветами и сложным цветом, полученным в результате смешения.

* Паскаль. 1 Па = Н/м^2 — единица давления (Ньютон/м^2). 1 Па = 0,00001 кг/см^2 = = 0,01 г/см^2.

метр поверхности излучает силу света в 1 кд. Ранее единица яркости называлась «нит».

1 кд/м^2 = 1 нт. Ниже приведены яркости некоторых источников света, выраженные в кд/м^2:

Экран телевизионной трубки	30—1000
Экран проекционной трубки	1000—5000
Пламя свечи	3000—5000
Люминесцентная лампа	5000—100 000
Нить вакуумной лампы накаливания	$2 \cdot 10^6$—$3 \cdot 10^6$
Нить газонаполненной лампы накаливания	$8 \cdot 10^6$—$20 \cdot 10^6$
Солнце в полдень	$1 \cdot 10^9$—$2 \cdot 10^9$

Обычно средняя яркость телевизионного изображения равняется 30—40 кд/м^2, а максимальная и минимальная яркость белых мест составляет 100 кд/м^2 и 1—2 кд/м^2 соответственно. Для чтения освещенность должна быть около 100 люкс, что соответствует яркости белой бумаги 25—30 кд/м^2.

Наряду с яркостью для оценки интенсивности цвета применяется понятие светлота. Светлота является относительной величиной и определяется путем сравнения яркости цвета с яркостью белой поверхности в тех же условиях освещения и совпадает с величиной коэффициента отражения или пропускания (то есть светлота равна отношению светового потока, отраженного или пропущенного телом, к световому потоку, падающему на тело). Качественно одинаковые цвета, но обладающие разной светлотой, вызывают различные зрительные ощущения. Например: белый, светло-серый и темно-серый цвета являются тем же белым цветом, но разной светлоты. Цвет, воспринимаемый при большой светлоте как желтый, при малой светлоте воспринимается как коричневый и т. п. С другой стороны, различные цвета, в том числе и серый, могут иметь одинаковую светлоту.

В системах световых величин эквивалентом светлоты условно является яркость. Условность определяется тем, что зависимость между диапазоном яркостей, встречающихся в природе и действующих на глаз, и уровнем их зрительного ощущения оказывается нелинейной.

Цветовой тон является той качественной характеристикой, которая позволяет, например, в расщепленном при помощи призмы солнечном свете (рис. V. 2) отличить красный цвет от рядом расположенного оранжевого, оранжевый от желтого, желтый от зеленого и т. д.

Итак, цветовой тон есть признак цвета, который позволяет отнести его по сходству к тому или иному спектральному цвету. Он характеризуется доминирующей длиной волны светового излучения, создающего впечатление того или иного цвета, который необходимо смешать с белым цветом для получения исходного.

Любой цвет, принадлежащий какому-либо цветовому тону, если его смешать с определенным количеством белого цвета, переходит в другой цвет, отличный от первоначального. Это качество цвета характеризуется насыщенностью, которая определяется количеством примеси белого цвета в рассматриваемом цвете. Иначе говоря, насыщенность означает восприятие степени чистоты цвета, то есть степень его свободы от примеси белого света. Изменяя соотношение между белой и окрашенной поверхностью, получают шкалу насыщенности от 0 до 100 % (цв. рис. V. 4). Более точно насыщенность представляет собой число цветовых порогов, то есть едва заметных переходов (изменений), отделяющих данный цвет от белого, равной с ним яркости.

Таким образом, цвета одного тона могут различаться насыщенностью. Это явление хорошо иллюстрируется при сопоставлении раствора марган-

цовки. Концентрированный раствор марганцовки имеет темно-красный цвет, при разбавлении водой интенсивность окраски раствора меняется в такой последовательности: красный, светло-красный, розовый, бледно-розовый и так далее вплоть до белого цвета, который имеет нулевую насыщенность. Аналогичным подбором желательной насыщенности пользуются в практике художники и маляры, добавляя в краску белила. При этом, очевидно, цвет краски не меняется, изменяется только насыщенность.

Важно отметить, что реальные источники света не имеют 100 %-ной насыщенности. Какой бы красный, зеленый или синий источник мы ни выбирали, все равно насыщенность этих источников всегда меньше 100 %. Колориметрией установлено, что 100 %-ная насыщенность теоретически имеет место только в случае, когда источник излучает энергию строго одной длины волны (или частоты). К такому источнику света можно отнести лазер, излучающий энергию практически на одной длине волны.

Спектральные цвета имеют максимальную насыщенность, а для белого цвета насыщенность равна нулю. Цветовой тон, яркость и насыщенность не являются полностью взаимонезависимыми. Субъективно цветовой тон слегка изменяется при изменении яркости и насыщенности.

Следовательно, цвет может быть охарактеризован тремя основными параметрами — яркостью, цветовым тоном и насыщенностью, а поэтому является величиной трехмерной.

Цветовой тон и насыщенность характеризует цветность светового потока независимо от его яркости. Таким образом, ц в е т н о с т ь является качественной характеристикой цвета и представляет собой совокупность цветового тона и насыщенности, а цвет с учетом этого может быть охарактеризован яркостью и цветностью.

V. 6. Как глаз человка воспринимает цвета мелких деталей?

Многочисленные опыты говорят о том, что острота нашего зрения для разных монохроматических цветов неодинакова: она выше для зеленых и желтых, чем для синих и красных. Отсюда следует, что если детали цветного объекта имеют малые размеры, причем зеленоокрашенные детали при данной освещенности лежат на пределе разрешения, то глаз воспримет только эти зеленые детали, синие же и красные (того же размера) восприняты не будут. Поэтому нет необходимости передавать высокие частоты, соответствующие этим деталям (вопрос VI. 11), по синему и красному каналам. Размеры синих и красных деталей, которые следует передавать цветной телевизионной системой, находятся путем сопоставления остроты зрения для различных сочетаний цветов. В таблице V. 2 приведены результаты опытов с учетом телевизионной специфики и колориметрии по анализу разрешающей способности зрения для различного сочетания цветов (относительная острота зрения для черно-белого поля принята за 100 %).

Из таблицы следует, что разрешающая способность нашего глаза для различного сочетания цветов неодинакова и для любого из них она ниже, чем для черно-белого сочетания, то есть когда детали различаются между собой только по яркости, а не по цвету.

Таким образом, если телевизионная система позволяет различать с определенного расстояния на экране приемной трубки черные детали на белом фоне, к примеру в 1 мм, то при тех же условиях зеленые детали на красном фоне будут различимы, начиная с размера 2,5 мм, зеленые детали на синем фоне — в 5 мм и т. д. Если более мелкие детали (до 1 мм) указанных цветовых сочетаний и будут переданы, то для глаза они будут все же казаться серыми (бесцветными).

Следует отметить также, что кроме потери различимости мелкие

Таблица V.2

Острота зрения для деталей изображения разных цветов

Сочетание цветов	Разрешающая способность, угл. минуты	Острота зрения, %
Черно-белое	1,60	100
Черно-зеленое	1,72	93,6
Черно-красное	1,79	89,9
Черно-синее	6,13	26,2
Зелено-красное	4,03	39,9
Зелено-синее	8,60	18,7
Красно-синее	7,09	22,7

цветные детали теряют свою видимую цветовую насыщенность. Это явление иллюстрируется графиком примерной зависимости видимой насыщенности от условных размеров деталей и их цвета (рис. V. 5).

Из этого графика видно следующее. При уменьшении размеров насыщенных синих деталей (с черными промежутками) их видимая насыщенность быстро падает и при $f_{дет.}$ = 0,5—0,6 МГц (вопрос VI. 11) практически становится равной нулю. Это значит, что на этих частотах мелкие синие детали на темном фоне кажутся светло-серыми. Красные детали дольше сохраняют цветность и только при размерах, соответствующих $f_{дет}$ = 1,4—1,6 МГц, также кажутся бесцветными. Зеленые мелкие детали сохраняют видимую цветность вплоть до верхней границы телевизионного спектра.

Дальнейшие изыскания в этой области привели к экспериментальному доказательству весьма важных для инженерной практики фактов, а именно:

1. Трехкомпонентность цветового зрения (вопрос V. 3) распространяется только на относительно крупные наблюдаемые объекты, которые при

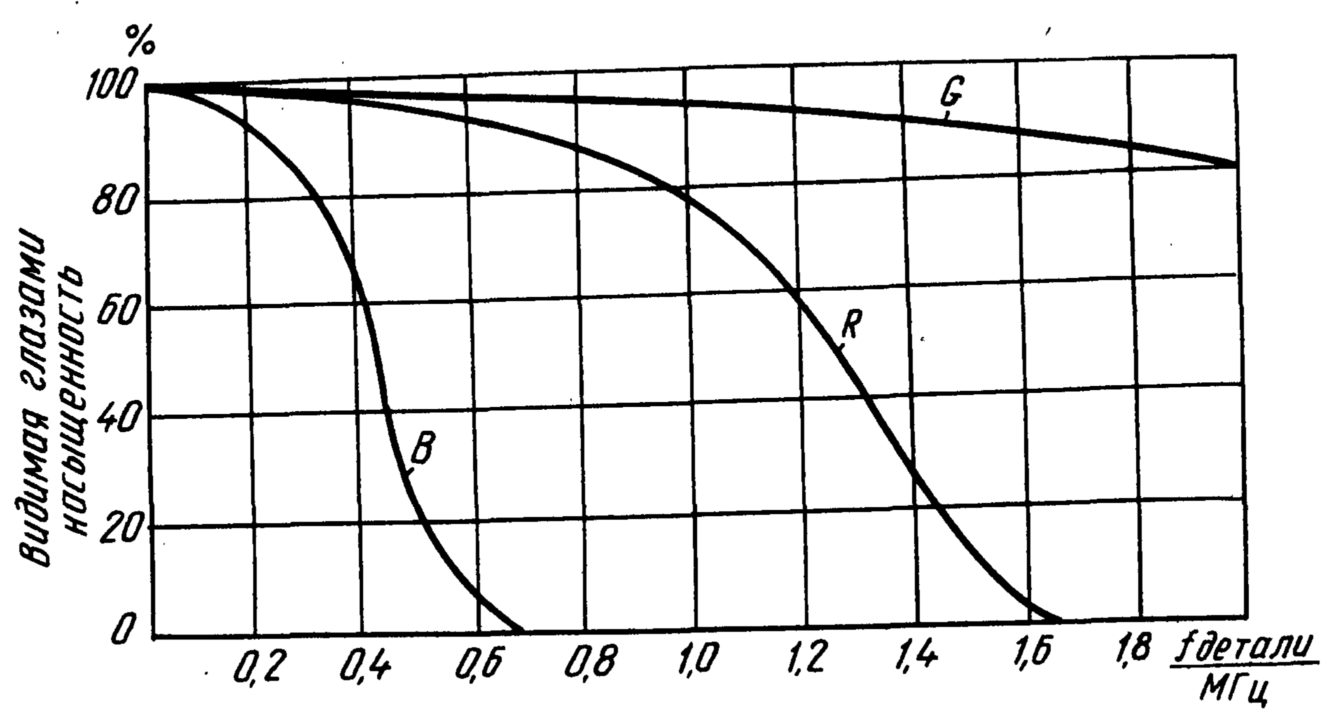


Рис. V. 5. График зависимости видимой насыщенности от размеров деталей и их цвета

телевизионной передаче требует полосы видеочастот от 0 до 0,5 МГц и воспроизводятся трехцветными.

2. Цвет объектов средних размеров, воспроизводимых видеочастотами от 0,5 до 1,5 МГц, является смесью только двух цветов: оранжевого и зелено-синего (голубого).

3. Мелкие детали, требующие для воспроизведения видеочастоты от 1,5 МГц и выше, различаются и наблюдателями только по яркостным градациям, то есть кажутся черно-белыми. При этом отсутствие окраски мелких деталей незначительно ухудшает субъективное восприятие цветного изображения.

Благодаря этому важному свойству зрения оказалось возможным существенно сократить объем информации о цвете, передаваемой по каналам связи и воспроизводимой на экране цветного телевизора, то есть уменьшить полосу частот сигналов цветности по сравнению с полосой частот для яркостного сигнала (вопросы VI. 8—VI. 10).

V. 7. Какие существуют методы получения цветов?

Для получения цветного изображения существуют два метода смешения цветов: субтрактивный, или вычитательный, и аддитивный, или слагательный.

Субтрактивный метод применяется в живописи, цветной полиграфии, в цветном кино и фотографии. Субтрактивное смешение (воспроизведение) цветов получается путем вычитания из белого света части его спектральных составляющих. Для этого применяется среда с избирательным поглощением света, например, слой краски, светофильтр, окрашенная пленка. Поэтому для субтрактивного образования цвета необходимо, чтобы в исходном цвете присутствовали те цвета, которые из него вычитаются. Для выделения из светового потока необходимой части спектра применяются светофильтры, которые для поглощения части видимого спектра окрашиваются красителями.

В цветном телевидении в настоящее время используется аддитивный метод смешения цветов, который, в свою очередь, может быть или последовательным (поочередным) или одновременным (вопрос V. 8). Как при аддитивном, так и субтрактивном методах, получаемый цвет определяется цветами смешиваемых излучений, а не их спектральным составом.

V. 8. Что такое аддитивное смешение цветов?*

На первых порах развития цветного телевидения для создания цветного изображения широко использовался метод поочередного аддитивного сложения цветов. Для иллюстрации принципа этого метода воспользуемся проекционным фонариком, излучающим конус белого света, перед объективом которого установлен вращающийся диск со светофильтрами. При достаточно большей скорости вращения диска ощущение одного источника цвета не успевает исчезнуть при воздействии последующих источников и смешение цветов в один результирующий происходит в сознании наблюдателя за счет инерции зрительного восприятия.

Использование вращающегося диска, содержащего три светофильтра — красный, зеленый, синий, при правильно выбранных количественных соотношениях этих цветов создаст на экране белый круг. Однако, как выяснилось в дальнейшем, для радиовещательного телевидения более выгодным с технико-экономической точки зрения оказался метод одновременного сме-

---

* additio (лат.) — сложение.

шения цветов. В настоящее время все современные радиовещательные системы цветного телевидения, находящиеся в эксплуатации, работают по методу одновременного аддитивного смешения цветов.

Этот метод можно проиллюстрировать путем одновременной непрерывной проекции на экран трех основных цветов при условии перекрывания ими одной и той же поверхности экрана. В соответствии с трехкомпонентной теорией цветовосприятия (вопрос V. 3), используя смешение трех основных цветов, оказалось возможным получить требуемую непрерывную гамму цветовых тонов. В тех участках, где основные цвета не перекрываются, они сохраняют свой первоначальный тон.

При смешении в определенной пропорции основных цветов — красного, зеленого и синего — получаются следующие (цв. рис. V. 6): смесь красного, зеленого и синего дает белый цвет; смесь красного и зеленого — желтый; смесь красного и синего — пурпурный; смесь синего и зеленого — голубой цвет. Различные комбинации яркости смешиваемых основных цветов позволяют получить остальные оттенки, а отсутствие всех трех цветов воспринимается как черное.

Следует заметить, что цветовой тон результирующей смеси всегда зависит только от соотношения интенсивностей смешиваемых цветов. Если увеличить (или уменьшить) интенсивность первичных цветов в одинаковое число раз, то цветовой тон смеси останется неизменным, изменится лишь ее яркость. Любое изменение относительных интенсивностей смешиваемых цветов неизбежно приводит к изменению результирующей смеси.

Аддитивное смешение, кроме локального (местного) смешения двух или нескольких цветов, может быть пространственным и бинокулярным.

Пространственное смешение осуществляется, когда наблюдаемая поверхность покрывается разноцветными точками, линиями, полосками, пятнами (мозаика), чередующимися по своей окраске. Соседние элементы при этом не должны перекрывать друг друга. При достаточном удалении от наблюдателя глаз перестает различать раздельно цвета отдельных элементов, так как в сетчатке глаза происходит слияние ощущений от мелких изображений различного цвета и в сознании наблюдателя создается ощущение одного определенного цветового тона, являющегося смесью отдельных цветов. Такое смешение используется при изготовлении цветных кинескопов, мозаичных панно, в живописи, а также в текстильной промышленности при производстве камвольных тканей. Здесь уместно отметить, что количественные закономерности пространственного смешения цветов остаются такими же, как и для других видов смешения.

Бинокулярное смешение двух или нескольких цветов основано на раздельном воздействии на правый и левый глаз разных цветов. В этом случае в зрительном аппарате возникает ощущение нового цвета. Применяется это смешение в стереоцветном телевидении и кино.

V. 9. Что такое колориметрическая система RGB?

Для цветовых измерений в 1931 г. всеми странами мира была принята стандартная колориметрическая система RGB*. В ее основу были положены исследования, проведенные английским физиком Д. Максвеллом,

---

* Колориметрическая система RGB называется по начальным буквам английских и немецких слов, обозначающих три основных цвета: красный — rot (нем.), red (англ.); зеленый — grün (нем.), green (англ.); синий — blau (нем.), blue (англ.). Встречаются также названия RVB по заглавным буквам французских слов: красный — rouge, зеленый — vert, синий — bleu. Поэтому во Франции основные три цвета часто обозначаются R, V, B. У нас в стране и за рубежом принято обозначение трех основных цветов R, G, B.

который в 1860 г. построил равносторонний цветовой треугольник (цв. рис. V. 7). Вершины последнего соответственно характеризуют спектральные цвета: красный ($\lambda_R = 630$ нм), зеленый G ($\lambda_G = 528$ нм), синий B ($\lambda_B = 457$ нм), как более или менее равномерно распределенные по спектру: красный — на низких частотах, зеленый — на средних и синий — на высоких частотах.

Теоретически внутри этого треугольника должны размещаться все цветовые тона и все степени насыщенности, которые можно получить трехцветным способом воспроизведения цветных изображений. Расположенные на стороне BR точки характеризуют цвета, содержащие основные — синий и красный, но не имеющие в своем составе зеленого. Например, расположенная на середине прямой BR точка M соответствует пурпурному, то есть дополнительному к зеленому цвету (вопрос V. 4); точно так же расположенная на середине прямой RG точка j соответствует желтому цвету (дополнительный к синему, который находится на противолежащей вершине); средняя на линии BG точка C характеризует сине-зеленый цвет (дополнительный к красному, находящемуся на противолежащей вершине). Центр тяжести треугольника E соответствует цвету, состоящему из разных долей красного, зеленого и синего, то есть белому цвету.

Экспериментально установлено (закон Грассмана, 1853 г.), что количественно и качественно световой поток может быть определен следующим равенством:

$$F' = r'R + g'G + b'B = mF,$$

где F' — заданный или искомый световой поток:

r', g', b' — количества или модули цвета красного R, зеленого G или синего B;

произведения $r'R$, $g'G$, $b'B$ называются цветовыми компонентами потока;

F — цветность потока F', а

$$m = r' + g' + b'$$

представляет собой сумму (алгебраическую) количеств (модулей) цветов и называется *цветовым модулем*.

Всякое измерение состоит в определении числа эталонных единиц, содержащихся в измеряемой величине. Измерение цвета стало возможным, когда были найдены способы выражать цвет через подобные эталонные единицы. Их роль играют единичные количества заранее выбранных основных цветов r', g', b'. Модули могут быть выражены в световых ваттах (энергия), в кд/м^2 (яркость) или люменах (световой поток). В этом случае символы R, G, B следует трактовать как наименования единиц измерений, подобных люменам, ваттам и т. д.

Эксперимент показывает, что воспроизведение каждого цвета при установленных основных цветах однозначно, то есть каждому воспроизведенному цвету соответствует только одна комбинация основных цветов. При основных цветах R, G и B воспроизведенный определяется количеством основных цветов r', g', b'. Однако оперировать этими количествами неудобно и модули принято выражать в количествах единичных цветов. Для этого вводятся относительные нормализованные величины:

$$r = \frac{r'}{r' + g' + b'}; \quad g = \frac{g'}{r' + g' + b'}; \quad b = \frac{b'}{r' + g' + b'},$$

характеризующие цветность полученного цвета и называемые *координатами цветности*.

Из приведенных выше соотношений следует, что

$$r + g + b = 1.$$

При этих условиях для полного определения цветности монохроматического цвета достаточно иметь только две цветовые координаты, например r и b, так как третья определится как

$$g = 1 - (r + b).$$

На основании изложенного можно доказать, что полученные цветовые равенства справедливы и для всех остальных цветов, если их представить как сумму монохроматических цветов и белого.

Абсолютные (количественные) значения единичных цветов не устанавливаются, нормируется лишь их соотношение. Оно выбирается таким, чтобы при сложении единичных цветов в численно равных количествах получался равноэнергетический цвет* E. В качестве белого цвета E в системе RGB принят равноэнергетический цвет, получаемый при смешении в равных количествах основных цветов**, что соответствует равенству координат цветности (трехцветных коэффициентов):

$$r = b = g = \frac{1}{3} = 0{,}3333...$$

Измерения показывают, что световые потоки F_r, F_g, F_b единичных количеств основных цветов R, G, B соотносятся как:

$$F_r : F_g : F_b = 1 : 4{,}5907 : 0{,}0601.$$

Система RGB удобна тем, что ее параметры можно определять экспериментально, так как основные цвета R, G и B являются реальными, существующими. В частности, в качестве цветов G и B взяты значения, соответствующие ярко видимым линиям паров ртути. Наличие отрицательных ординат для большой группы реальных цветов затрудняет колориметрические расчеты, что является одним из недостатков системы RGB. Вторым недостатком служит то, что для вычисления количественной характеристики яркости цвета излучения требуется определить все три его компонента. Эти обстоятельства привели к тому, что система RGB оказалась неудобной для расчетов и ее роль в основном ограничена нормированием свойств цветового зрения.

V.10. *Что такое колориметрическая система* XYZ?

С целью устранения недостатков колориметрической системы RGB (вопрос V. 9) в том же 1931 г. на восьмой сессии Международного комитета по освещению (МКО) была принята стандартная трихроматическая (трехцветная) система основных цветов XYZ, производная от системы RGB.

Новая колориметрическая система имеет чисто расчетное значение, поскольку ее основные цвета X, Y, Z являются нереальными, символическими цветами (они более насыщены, чем спектральные, что физически неосуществимо) и представляют собой удобную для расчетов математическую абстракцию.

В основу построения системы XYZ положены следующие условия: относительные коэффициенты спектральных цветов не должны иметь отрицательных ординат; яркость цвета должна полностью определяться одной его компонентой (оси в системе XYZ ориентированы в пространстве отно-

* Под равноэнергетическим белым понимают цвет свечения источника, энергия излучения которого во всем видимом диапазоне спектра постоянна, то есть не зависит от длины волны.

** В системе RGB в качестве основных взяты цвета монохроматического излучения с длинами волн $\lambda_R = 700{,}1$ нм, $\lambda_G = 546{,}1$ нм и $\lambda_B = 435{,}8$ нм.

сительно осей системы RGB таким образом, что в плоскости XOZ оказываются цвета с нулевой яркостью и вся яркость определяется только координатой y); координаты белого цвета равноэнергетического излучения должны быть равны между собой.

Так же, как и в системе RGB, любой световой поток может быть выражен основным колориметрическим уравнением:

$$F' = x'X + y'Y + z'Z = mF,$$

где

x', y' и z' — количество или модули цвета X, Y и Z;
m — цветовой модуль;
F — цветность потока F'.

Условные цвета X, Y и Z связаны с реальными основными цветами системы RGB уравнениями:

$$X = 0{,}4184R \quad -0{,}0912G + 0{,}0009B;$$
$$Y = 0{,}1587R \quad +0{,}2524G - 0{,}0025B;$$
$$Z = -0{,}0828R + 0{,}0157G + 0{,}1786B.$$

Энергетические веса цветов X, Y и Z по аналогии с системой RGB будут:

$$Fx : Fy : Fz = 0 : 1 : 0,$$

то есть только составляющая Y несет в себе информацию о мощности (яркости) суммарного потока.

Для качественной оценки, то есть для определения цветового тона, удобнее пользоваться относительными трехцветными коэффициентами, определяемыми как:

$$x = \frac{x'}{x' + y' + z'} = \frac{x'}{m}; \quad y = \frac{y'}{x' + y' + z'} = \frac{y'}{m};$$

$$z = \frac{z}{x' + y' + z'} = \frac{z'}{m},$$

где m — цветовой модуль, причем

$$x + y + z = 1.$$

Тогда цветность F любого светового потока F' также может быть выражена через трехцветные координаты цветности (относительные коэффициенты) x, y, z выражением:

$$F = xX + yY + zZ.$$

Значения трехцветных координат цветности x, y, z, а также удельных координат x, y, z вычислены для всей шкалы цветов и по результатам расчетов построены графики (рис. V. 8).

Если попытаться представить физический смысл основного колориметрического уравнения, то видно, что для получения некоторого цвета mF необходимо взять некоторый условный цвет X в количестве x', цвет Y — в количестве y' и цвет Z в количестве z'. Смешение цветов можно выразить в математической форме, используя формальное сходство законов смешения цветов с законами сложения векторов. Поэтому любой цвет может быть представлен вектором*, находящимся в некотором простран-

* При этом длина вектора характеризует яркость цвета, а направление вектора определяет цветность (то есть цветовой тон и насыщенность). Пространство, в котором находятся цветовые векторы, называется цветовым пространством (цветовым телом).

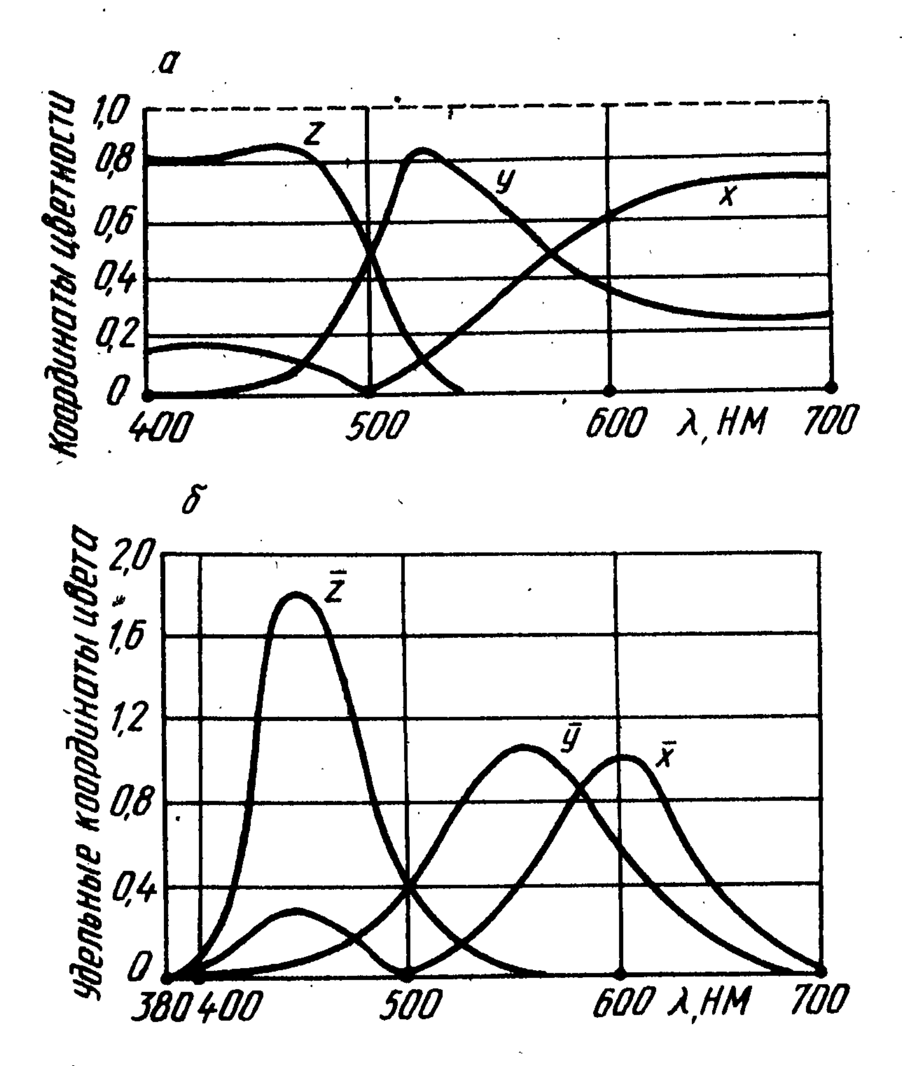


Рис. V. 8. Графики трехцветных коэффициентов и удельных координат в колориметрической системе XYZ:

а — кривые трехцветных коэффициентов; *б* — кривые удельных координат цвета

стве, ограниченном координатной системой. Векторы цветов образуют прямоугольную систему координат (рис. V. 9). Благодаря такому выбору линия спектральных цветов находится полностью внутри цветового треугольника XYZ, и все значения коэффициентов будут только положительными.

Цветовой треугольник в системе XYZ, в вершинах которого находятся основные цвета X, Y и Z — равносторонний. Положение любой точки на нем, соответствующей цветности смеси, определяется тремя координатами. Однако цветность — величина двумерная (вопрос V. 5) и для ее определения достаточно двух величин. Поэтому задачи по нахождению цветности смеси удобнее решать не в трехмерном пространстве, а в двумерном, то есть на плоскости. В этой связи в системе XYZ используется не сам треугольник XYZ, а его проекция на плоскость OXY, построенная таким образом, что плоскость ZOX совмещается с осью OX. В этом случае цветовой треугольник будет прямоугольным равнобедренным с прямым углом у вершины O. Положение точки на плоскости треугольника OXY, характеризующее ее цветность, будет определяться двумя координатами (трехцветными коэффициентами x и y). При необходимости значение третьего коэффициента может быть легко найдено из условия:

$$x + y + z = 1.$$

На рис. V. 9 изображена проекция треугольника XYZ на плоскость XOY. В результате получена **л и н и я с п е к т р а л ь н ы х ц в е т о в** (спект-

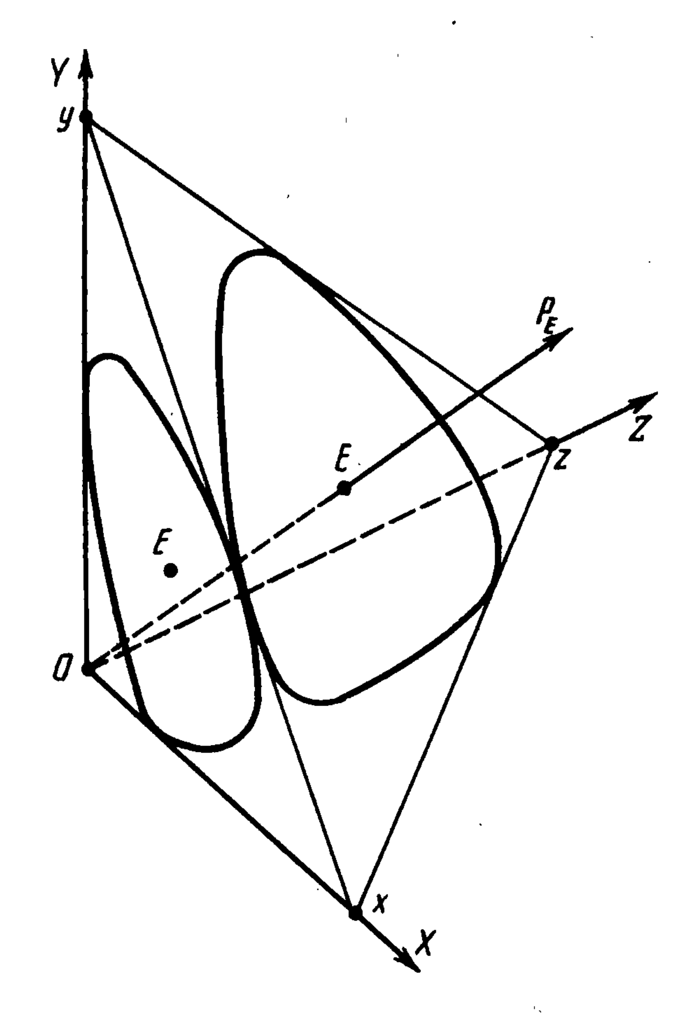


Рис. V. 9. Цветовой треугольник XYZ

ральный локус или диаграмма цветности). Координаты точек этой кривой соответствуют координатам цветности x, y (рис. V. 8) и изображают положение спектральных цветов.

Площадь, ограниченная линией спектральных цветов, называется цветовым графиком. Вершины треугольника RGB, находящегося внутри локуса, соответствуют трем основным цветам на экране кинескопа цветного телевизора (цв. рис. V. 11; рис. III. 42).

V. 11. Как устроен цветовой график системы XYZ?

На цв. рис. V.10 показан спектральный локус в области цветового графика в колориметрической системе XYZ. На точках локуса указаны длины волн (нм), соответствующие данному монохроматическому излучению. Многочисленные эксперименты позволили всю площадь локуса условно разделить на отдельные участки различного цвета. Здесь построены 10 секторов, приблизительно соответствующих отдельным цветностям, включая область белых цветов. Эти секторы построены в соответствии с табл. V. 1. Следует, однако, иметь в виду, что реальные границы участков не выражены так резко, как показано на цв. рис. V. 10. Цветовые тона переходят плавно из одного в другой, как это показано на графике (диаграмме цветности) колориметрической системы XYZ (рис. V. 11).

На участке от 700 до 530 нм спектральный локус почти прямолинеен (цв. рис. V.11). Область зеленых и голубых спектральных цветов помещается на коротком криволинейном участке от 480 до 380 нм.

Подковообразный локус вытянут в верхней части в области от 510 до 550 нм. Поэтому здесь из-за большой кривизны насыщенные цвета получаются только при смеси двух близких по длине волны спектральных

цветов. Наоборот, желтые, оранжевые и красные высоконасыщенные цвета обычно имеют высокую яркость, так как спектральный локус в области этих цветов почти прямолинеен. Пурпурные цвета с максимальной насыщенностью (в спектре солнца пурпурных цветов нет) помещаются на прямой, соединяющей конца спектрального локуса (то есть точки, соответствующие красному и синему цветам). Цвета, лежащие на пурпурной линии BR, не могут быть представлены в виде одного какого-либо монохроматического света.

Так как спектральный локус не имеет вогнутых участков, то смесь двух спектральных цветов всегда лежит или на самом спектральном локусе или внутри этого локуса, но никогда не может лежать вне площади, ограниченной спектральным локусом. Точки, лежащие вне области, ограниченной спектральным локусом и линией пурпурных цветов, следует рассматривать не как реальные цвета, а как точки, соотвествующие более насыщенным, чем спектральные цвета.

V. 12. Что такое опорный белый цвет?

Определение чистоты (насыщенности) цвета и цветового тона (вопрос V. 5) связано с белым цветом, по отношению к которому и определяются эти характеристики. Например, насыщенность численно определяется чистотой цвета p, которая равна отношению яркости спектрального цвета B_λ, входящего в смесь, к полной яркости смеси B:

$$p = \frac{B_\lambda}{B} = \frac{B_\lambda}{B_\lambda + B_б}$$

где $B_б$ — яркость белого цвета, входящего в смесь.

Поэтому белый цвет с заранее определенными координатами для данной системы **называется опорным**. В качестве его не обязательно выбирать источник типа E. Равноэнергетический белый цвет E является теоретическим, он введен в колориметрию в целях удобства. Реальные источники цвета имеют другие координаты. Выбор в качестве опорного белого цвета того или иного источника определяется реальными источниками света, применяемыми при цветных передачах.

В 1931 г. МКО ввела в практику четыре стандартных источника белого цвета, названных источниками А, Б, С, Е (табл. V. 3). В дальнейшем были введены еще два стандартных источника — D и S. В цветном телевидении применяется также белый цвет 9300K + 27PMCD* для характеристики цветных кинескопов, где 27MPCD означает сдвиг этого цвета на диаграмме цветности на 2,7 цветовых порога** от цвета 9300 K.

Белое 6500K принято как номинальная (опорная) цветность белого поля цветного кинескопа при приеме черно-белого изображения (то есть цветоразностные сигналы равны нулю, вопрос VI. 9). Опорный белый цвет D является равносигнальным белым цветом, который получается на приемном экране при одинаковом возбуждении трех люминофоров, то есть при равных сигналах на управляющих электродах кинескопа.

Однако для цветных кинескопов яркость свечения экрана часто определяется для белого цвета 9300K + 27MPCD, так как в этом случае яркость примерно на 10 % выше, чем для цвета D6500K.

---

* Происходит от англ. слов Minimum Perceptible Colour Difference. (Минимально различимая разница цветов, цветовой порог).

** Цветовой порог равен 10 MPCD.

Таблица V.3

Стандартные источники белого цвета

Тип источника	Цветовая температура, К	Характеристика излучения и его цветности	Координаты цветности		
			x	y	z
A	2848	Соответствует излучению вольфрамовой лампы накаливания (средний искусственный свет вечернего освещения)	0,4476	0,4074	0,1450
B	4800	Соответствует рассеянному полуденному солнечному свету (искусственный дневной свет)	0,3484	0,3516	0,3000
C	6500	Соответствует прямому солнечному свету (смешанный цвет излучения солнца и неба) при малооблачном небе. Близок к среднему свету северного неба (искусственный дневной свет)	0,3101	0,3162	0,3737
E	5700	Спектр излучения является равноэнергетическим (равностимульное белое)	0,3333	0,3333	0,3333
D6500*К	6500	Цвет облачного неба	0,3130	0,3290	0,3580
D7500К	7500	Цвет облачного неба	0,3003	0,3103	0,3894
S	25000	Цвет голубого неба	0,2500	0,2500	0,5000
9300К 27MPCD	9300	Голубоватый белый цвет	0,2810	0,3110	0,4080

* Источники D6500K и D7500K иногда обозначаются D_{6500}, D_{7500}.

V. 13. Что такое цветовая температура?

Суммарное воздействие на глаз всего видимого спектра, имеющего распределение энергии в спектре, такое же, как и в солнечном свете, и ощущается как белый цвет. Любое другое распределение энергии в спектре света ощущается как цвет. Поэтому восприятие цвета и яркости деталей наблюдаемого объекта (изображения) зависит не только от характера самого объекта, но также и от спектрального состава света, освещающего объект, и распределения в нем энергии. Чтобы избежать ошибок при визуальном определении цвета и яркости наблюдаемого объекта или при соответствующих светотехнических расчетах, необходимо указывать спектральный и энергетический составы света, при котором происходит наблюдение.

Спектральный состав и распределение энергии теплового источника света зависят от температуры излучающего тела. В этой связи вместо того, чтобы каждый раз указывать спектральный и энергетический составы света, указывают только температуру, при которой обеспечивается данное излучение. Эта температура называется цветовой и характеризует цветность свечения источника света.

Цветовой температурой источника света (излучения) принято называть ту действительную температуру до которой пришлось бы нагреть абсолютно черное тело (АЧТ), чтобы получить от него излучение того же цвета.

Абсолютно черным называется тело, поглощающее весь падающий на него поток лучистой энергии, то есть, совершенно не обладающее

отражающей способностью. В природе таких тел нет. Наиболее близко приближается к введенному понятию «черное тело» черный бархат. Однако и он обладает в определенной степени отражающей способностью, то есть его поглощение падающей энергии не равно нулю.

Полным поглощением падающей на него световой энергии может обладать только искусственно созданное «черное тело», например, выделанная из тугоплавкого металла черненная изнутри поверхность полого шара с узким входным отверстием. Лучи света, входящие в его отверстие, будут практически полностью поглощены. Следовательно, отверстие такого шара можно принять за «абсолютно черное тело». При нагреве шара он начнет излучать вначале невидимые (инфракрасные), а затем и видимые лучи. Цвет свечения отверстия шара по мере накала будет меняться от красного до синего, последовательно переходя в оранжевый, желтый, пурпурный, голубой, достигая синего свечения. Можно отметить, что при более низких температурах свечение имеет красные, оранжевые, желтые, желто-зеленые оттенки, которые в быту принято называть теплыми тонами, а более высоким температурам соответствуют пурпурные, синие, голубые, голубовато-зеленые тона, называемые холодными.

Цветовая температура измеряется в градусах термодинамической темпетаруты Кельвина (К). Ее значение $T_к$ в стандартной системе СИ выше температуры в градусах Цельсия T_c на 273,15°, то есть $T_к = T_c + 273{,}15°$

Различные естественные и искусственные источники света имеют такие же цветности, как АЧТ при разных цветовых температурах (табл. V. 4).

Таблица V. 4

Цветовые температуры некоторых источников света

Источник света	Т, К
Пустотная лампа накаливания с вольфрамовой нитью 50 Вт, 10 лм на 1 Вт	2500
Газонаполненная лампа накаливания с вольфрамовой нитью 1000 Вт, 20 лм на 1 Вт	2980
Люминесцентная лампа белого света	3500
Дуговая лампа (чистые угли)	3780
Газонаполненная лампа накаливания дневного света	4000
Прямой солнечный свет у поверхности земли летом в полдень	5500
Люминисцентная лампа дневного света	6000
Солнечный свет до поглощения атмосферой, облачное небо	6500
Голубое небо	19 000—24 000

На рис. V. 12 показаны цветности излучений АЧТ при разных цветовых температурах, представленные точками на кривой. Такая кривая называется локус цветности АЧТ. На локусе обозначены стандартные источники белого цвета.

При цветовой температуре 6500К обеспечивается максимальная светоотдача (коэффициент полезного действия). В видимом спектре излучается до 14 % всей энергии, затраченной на нагрев тела. Однако практически реализовать тепловой источник с излучением типа С (табл. V. 3) не представляется возможным, так как пригодных материалов, выдерживающих

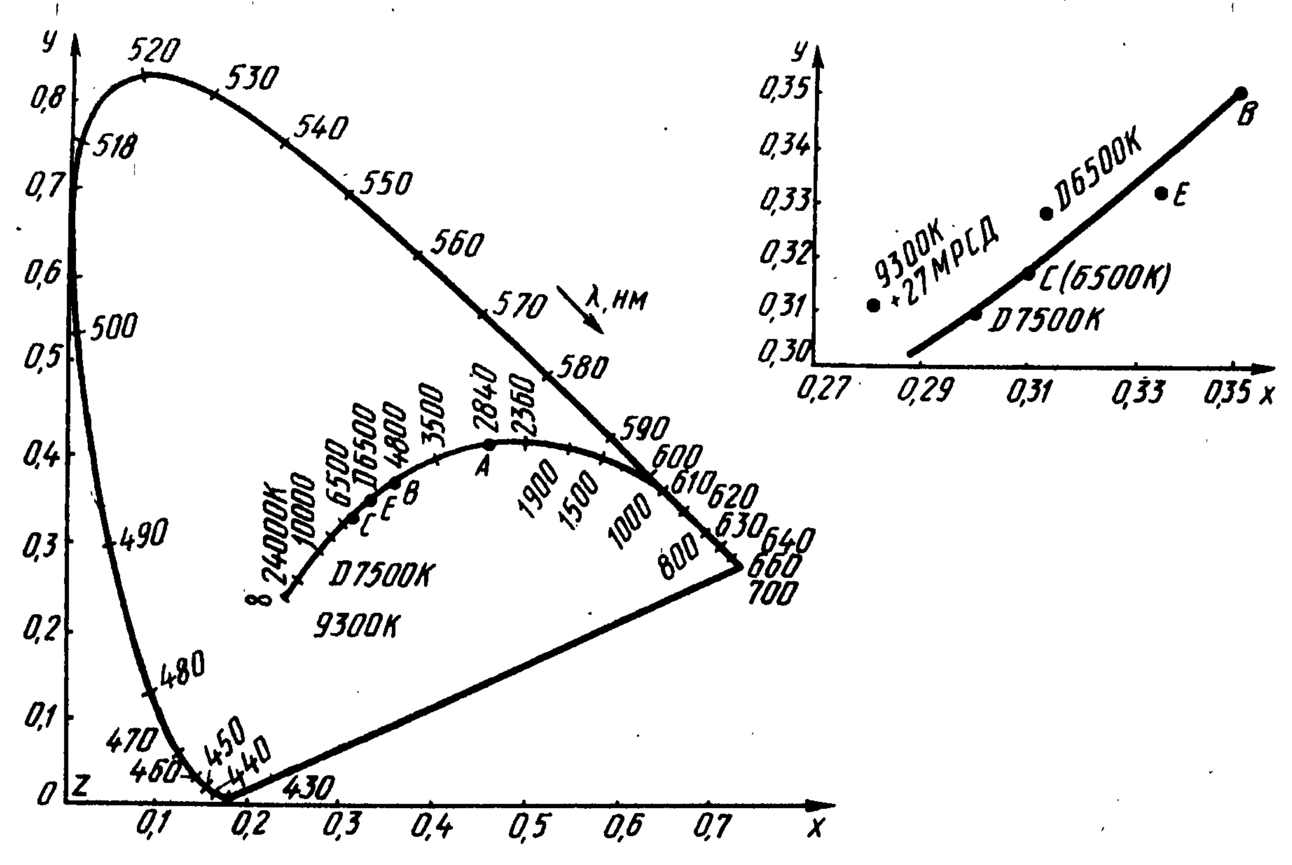


Рис. V. 12. Локус цветностей излучений абсолютно черного тела при различных его температурах (справа показана часть локуса в увеличенном масштабе)

такие температуры, нет. Достаточно сказать, что один из наиболее температуростойких материалов, обычно применяющийся в лампах накаливани,— вольфрам, имеет температуру плавления лишь 3600K. Поэтому при передаче из студии обычно применяют источники света с цветовой температурой 3200K ± 100K с непрерывным спектром, то есть близкие по спектральному распределению энергии к стандартному источику белого света A (2848K).

В установившейся практике принято считать, что при наблюдении цветного изображения на экране приемника (в неосвещенной комнате) цветовое впечатление у зрителей лучше при освещении передаваемой сцены дневным светом, то есть стандартным источником белого света C. Современные цветные кинофильмы на пленке шириной 35 мм также рассчитаны на применение в кинопроекторах источника света, близкого к источнику C (ксеноновая лампа 5600K). Кинофильмы на пленке шириной 16 мм рассчитаны на источник света 3200K. Для получения таких результатов в студийной передающей камере цветного телевидения предусматривают коррекцию спектральных характеристик, преобразующую источник света в студии в источник C, что достигается соответствующим выбором светофильтров, которые устанавливаются после объектива (вопрос VI. 7, рис. VI. 4). При использовании камеры в условиях дневного света (в составе передвижной телевизионной станции — ПТС) эти светофильтры заменяются на другие, выбранные без учета указанной коррекции. Аналогичные коррекции необходимо делать и в передатчиках телекино.

Кроме применения корректирующих светофильтров используют еще два способа коррекции цветопередачи при освещении передаваемой сцены светом, близким к свету стандартного источника A. Один способ состоит в том, что усиления каналов R, G, B делают такими, чтобы белое A на сцене воспроизводилось как белое C (метод коррекции усилением). В этом случае средняя ошибка цветопередачи (относительно

цветностей сцены, освещаемой источником С) составляет 7—8 порогов цветоразличения, а максимальная ошибка достигает 16—18 таких порогов.

Второй способ состоит в применении матричной схемы (**метод корректирующей матрицы**), на выходе которой сигналы E_r^*, E_g^*, $E_в^*$ получаются из сигналов E_r', E_g', $E_в'$ (вопрос VI. 13) на входе в соответствии с уравнениями:

$$E_r^* = 0{,}922E_r' - 0{,}436E_g' + 0{,}217E_в';$$
$$E_g^* = 0{,}042E_r' + 1{,}199E_g' - 0{,}565E_в'$$
$$E_в^7 = 0{,}003E_r' + 0{,}215E_g' + 3{,}347E_в'.$$

Таким образом, в канале усиления электрические сигналы трех основных цветов преобразуются в цвета по системе, принятой МКО (колориметрическая система XYZ).

На приемной стороне необходимо вновь осуществить переход от системы XYZ к системе цветов (RGB), соответствующих цветам излучения цветных люминофоров приемной трубки. Такой переход от одной системы к другой осуществляется автоматически с помощью переходных коэффициентов матричными преобразователями.

V. 14. Из каких соображений и как выбирали основные цвета приемника?

В цветном телевидении за основные приняты цвета свечения люминофоров, выбранные так, чтобы площадь треугольника, определяемого их координатами, была наибольшей при одновременно гарантированной возможности технической реализации таких люминофоров и их хорошей светоотдаче. Трехцветное воспроизводящее устройство (приемник), имеющее основные цвета $R_п$, $G_п$, $B_п$ может создавать только те цвета, которые располагаются на диаграмме цветности внутри цветового треугольника RGB (рис. V. 11). Цвета, расположенные вне этого треугольника, оно не может создавать. Поэтому для хорошей цветопередачи треугольник $R_пG_пB_п$должен охватывать по возможности наибольшую гамму цветов.

Вытянутая форма локуса подсказывает целесообразность расположения вершин R, G, B как можно ближе к точкам локуса с длиной волн 700, 520 и 400 нм. Однако технические трудности не позволяют изготовить цветные катодолюминофоры для кинескопов с достаточно узким спектром излучения, приближающимся к локусу. Современные люминофоры излучают не одну спектральную линию, а некоторый спектр. Поэтому цвет их свечения менее насыщен, чем спектральный, что уменьшает гамму воспроизводимых ими цветов.

Вытянутая форма локуса является также причиной того, что выбор любой другой тройки цветов, то есть отказ от R, G, B будет менее эффективным по использованию площади локуса.

Если исходить из стремления воспроизводить наибольшее количество различных встречающихся цветностей, то треугольник основных цветов приемника должен:

охватывать гамму цветов современных красителей при всех встречающихся в практике видах их освещения, так как в цветном телевидении необходимо передавать цвета тканей, декораций, цветные кинофильмы, картины, плакаты, иллюстрации и т. д.;

охватывать гамму цветов, встречающихся в природе, так как при внестудийных передачах объектами передачи могут быть цветы, травы, листва, вода, небо и т. д.;

охватывать гамму цветов люминесцентных красок, которые применяются для декораций и костюмов;

обеспечивать получение высокой яркости изображения при сравнительно небольшой затрате энергии на свечение основных цветов. Поэто-

му основные цвета должны иметь большую яркость (светлоту) при высокой насыщенности.

Для получения достаточной яркости цветов, близких к концам спектрального локуса (красный и синий), необходимо значительное увеличение энергии излучения, так как относительная спектральная чувствительность глаза крайних спектральных цветов мала. Для красного цвета, близкого к спектральному с длиной волны 610—620 нм, насыщенность для оптимальных красителей оказывается большей при сравнительно большой яркости. В этой области реальные красители близки к оптимальным. Поэтому в качестве красного основного цвета приемника не следует брать спектральный цвет с длиной волны более 620 нм.

Насыщенные оранжевые и желтые цвета (605—650 нм) имеют большую яркость. Поэтому сторона треугольника, соединяющая красный и зеленый основные цвета приемника по возможности должна приближаться к спектральному локусу на этом участке. При этом часто встречающиеся красные, оранжевые и желтые цвета будут воспроизводиться с большой яркостью без потери насыщенности.

Обычно зеленые цвета имеют широкий спектр излучения и поэтому их насыщенность мала, а яркость велика. Поэтому основной зеленый цвет приемника не должен быть близок к спектральному локусу. Для получения белого цвета яркость основного зеленого в смеси основных цветов должна в 5—10 раз превышать яркость синего цвета (близкого к спектральному с длиной волны 450—470 нм). Следовательно, очень важно получать основной зеленый цвет с большой яркостью, для чего его следует выбирать не очень насыщенным, особенно при укорочении его преобладающей длины волны*.

Высоконасыщенные голубые цвета имеют малую яркость и встречаются редко. Голубые цвета аналогично зеленым тоже имеют широкий спектр излучения и поэтому их яркость велика, а насыщенность мала. Это позволяет дополнительно удалять от спектрального локуса сторону треугольника, соединяющего основные зеленый и синий цвета. Для насыщенных синих (470—430 нм) и фиолетовых (430—380 нм) цветов яркость мала, причем на волнах короче 470 нм яркость при данной насыщенности мало зависит от длины волны. Для получения широкой гаммы цветов синий основной цвет приемника выбирают высоконасыщенным вблизи спектрального локуса в области 450—470 нм.

В настоящее время повсеместно в цветном телевидении принят теоретический треугольник основных цветов приемника, предложенный для системы NTSC (США), показанный на рис. V. 11. Этот треугольник охватывает гамму большинства окружающих нас цветов и обеспечивает высокую яркость изображения. Однако современные кинескопы не воспроизводят основные цвета NTSC, и для реальных кинескопов приняты цвета, рекомендованные в сентябре 1970 г. в качестве Европейского Стандарта (ЕС в табл. V. 5), где приведены координаты цветности вершин вышеуказанных треугольников.

Преобладающие длины волн равны $\lambda_R = 610$ нм; $\lambda_G = 535$ нм; $\lambda_B = 470$ нм. Точность выполнения люминофора $X = \pm 0{,}04$; $Y = \pm 0{,}01$.

---

* Под преобладающей длиной волны цвета λ_d понимают длину волны монохроматического света, цветовой тон которого такой же, как у данного цвета. Для пурпурного цвета, который не может быть представлен в виде одного какого-либо монохроматического излучения, под преобладающей длиной волны понимают длину волны дополнительного к нему монохроматического света и обозначают ее λ'_d.

Таблица V. 5

Координаты цветности основных цветов приемника

Обозначение треугольника основных цветов приемника	Координаты цветности основных цветов приемника					
	$R_П$		$G_П$		$B_П$	
	x	y	x	y	x	y
NTSC	0,67	0,33	0,21	0,71	0,14	0,08
EC	0,64	0,33	0,29	0,60	0,15	0,06

Помимо трех основных цветов должен быть узаконен также равносигнальный белый цвет приемника. Это цвет, создаваемый на экране при подаче на кинескоп равных сигналов цветоделенных изображений.

Известно, что глаз человека не в состоянии опознать (установить) «истинно» белый цвет, и мы легко принимаем за белый любой малонасыщенный цвет, преобладающий в поле зрения. Например, белая бумага отражает при свече свет того же спектрального состава, что и мандариновая корка на солнце, однако, при свече она не перестает нам казаться белой (явление, известное в колориметрии как поправка на освещение). Поэтому в выборе белого цвета приемника допустим некоторый произвол. В современных системах цветного телевидения в качестве опорного (эталонного) белого цвета (вопрос V. 12) в телевизоре выбран белый цвет D6500 (ранее выбирался белый цвет C). При этом опорный цвет должен воспроизводиться без искажений и независимо от его яркости (баланс белого цвета, вопрос II. 4).

При помощи диаграммы цветности в системе XYZ можно доказать, что яркости основных цветов $R_п$, $G_п$ и $B_п$, смешанных так, что результирующий цвет полностью соответствует белому цвету C находится в следующем соотношении:

$$L_{Rп} : L_{Gп} : L_{Bп} = 0{,}299 : 0{,}587 : 0{,}114$$

или приблизительно

$$L_{Rп} : L_{Gп} : L_{Bп} = 0{,}30 : 0{,}59 : 0{,}11.$$

Это важнейшее соотношение для любой системы цветного телевидения. Из него непосредственно следуют значения яркостных коэффициентов основных цветов приемника

$$L_{Rп} = 0{,}30;\ L_{Gп} = 0{,}59;\ L_{Bп} = 0{,}11.$$

ГЛАВА VI

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

VI. 1. Что такое системы цветного телевидения и как они классифицируются?

Системой цветного телевидения называется способ передачи полной информации о цветности и яркости (то есть о цвете) передаваемого объекта от передающего устройства до приемника. Все существующие в настоящее время системы на 90 % основаны на одних и тех же принципах, имеют многие практически совершенно идентичные узлы аппаратуры как на передающем, так и на приемном конце телевизионного тракта. Способы преобразования светового изображения в электрический сигнал, формирование сигналов яркости и цветности, выходные устройства в цветном телевизоре, обеспечивающие цветной кинескоп необходимыми управляющими сигналами,— все это одинаково для любой из систем и практически не зависит от выбора системы.

Существенная и принципиальная разница в устройстве систем цветного телевидения заключается в способах передачи цветной телевизионной информации от передающей камеры к приемнику. Поэтому под выражением «система цветного телевидения» в настоящее время понимается метод передачи сигнала по центральной части тракта цветного телевидения, а следовательно, способ передачи сигнала цветности.

Любая система цветного телевидения намного сложнее обычной черно-белой, так как для получения цветного изображения необходимо передавать информацию не только о распределении яркости на объекте, но и информацию о его цвете.

Системы цветного телевидения классифицируют по способу разложения передаваемой сцены на составляющие цвета и по способу передачи полученных сигналов.

По способу разложения изображения различают системы с последовательным и одновременным разложением. В системах, предназначенных для телевизионного вещания, как правило, используется одновременное разложение (вопрос VI. 21.).

По способам передачи получаемой информации системы цветного телевидения делятся на одновременную систему (параллельно передаются три информации) и систему с последовательной передачей строк (во время разложения одной строки передается одна информация, полная информация содержится в трех строках разложения) и систему с последовательной передачей кадров (полная информация о цвете передается во время трех полукадров или трех кадров).

VI. 2. Какие физические процессы лежат в основе построения систем цветного телевидения?

Помимо общего для всех телевизионных систем принципа разложения передаваемого изображения на отдельные элементы в месте передачи и соединения их в слитное изображение в месте приема в основе построения систем цветного телевидения лежат следующие физические процессы.

1. Оптическое разложение передаваемого многоцветного изображения на три одноцветных изображения в основных цветах — красном R, зеленом —G и синем B (вопрос VI. 6).

2. Преобразование трех одноцветных изображений R, G и B в электрические сигналы E_R*, E_G и E_B.

3. Образование электрического сигнала яркости E_Y и так называемых цветовых разностных сигналов E_{R-Y} и E_{B-Y} (вопрос VI. 8).

4. Передача трех электрических сигналов изображения E_Y, E_{R-Y} и E_{B-Y} по линиям связи (вопрос VI. 10].

5. Прием электрических сигналов E_Y, E_{R-Y} и E_{B-Y}.

6. Обратное преобразование электрических сигналов E_Y, E_{R-Y} и E_{B-Y} и выделение из них сигналов E_Y, E_R, E_G и E_B (вопрос III. 22).

7. Преобразование электрических сигналов E_Y, E_R, E_G и E_B в три одноцветных оптических изображения — красного R, зеленого G и синего B цветов (вопрос III.39).

8. Смешение одноцветных составляющих R, G, B в одно многоцветное изоображение (вопрос V. 8).

VI. 3. Каким основным требованиям должна удовлетворять вещательная система цветного телевидения?

Широковещательная система цветного телевидения должна отвечать определенным требованиям, поскольку она призвана к массовому культурному обслуживанию трудящихся. Накопленный опыт отечественной и зарубежной техники цветного телевидения позволяет сформулировать основные технико-экономические требования к вещательной системе. Система должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Высокое качество цветного изображения, определяемое как точностью воспроизведения яркостей любых двух соседних точек передаваемого объекта, так и точностью воспроизведения цветности деталей объекта.

2. Совместимость с вещательной системой черно-белого телевидения (вопрос VI. 4). В связи с широким развитием сети черно-белого телевизионного вещания и наличием у населения большого числа черно-белых телевизионных приемников это требование имеет большое значение.

3. Относительная простота цветного телевизионного приемника при его надежности и доступной для населения стоимости.

Стоимость и простота телевизора имеют большое экономическое значение, поскольку телевизор является массовым прибором. Поэтому требование дешевизны его вполне правомерно, так как наибольших капиталовложений требует именно парк телевизионных приемников. На данный момент эту проблему нельзя считать решенной из-за сложной технологии изготовления цветных кинескопов и сложностей схемного порядка.

4. Эффективность использования каналов связи, то есть передача цветного изображения в стандартной полосе частот, отведенной для черно-белого телевидения. Это требование обусловлено широким развитием сети телевизионного вещания и возникшей в этой связи «теснотой в эфире».

5. Перспективность вещательной цветной системы с точки зрения ее дальнейшего развития, то есть по мере развития телевизионной техники система должна допускать дальнейшее усовершенствование без коренных переделок основных устройств. В частности, речь может пойти о передаче цветных стереоизображений.

6. Возможность обмена цветными программами с другими странами.

Всем вышеназванным требованиям в большой степени отвечает так называется одновременная совместимая система (вопрос VI.21).

---

* Здесь и далее символ E обозначает мгновенное значение электрического сигнала.

VI. 4. Что следует понимать под совместимостью системы цветного телевидения?

Совместимость означает необходимость передачи информации о цвете в том же канале связи и в той же полосе частот, которая уже отведена для черно-белого телевизионного вещания. Под совместимостью системы цветного телевидения с черно-белой следует понимать свойство системы, обеспечивающее возможность качественного приема программ цветного телевидения в черно-белом виде всеми типами существующих черно-белых телевизоров без каких-либо переделок (условие «прямой совместимости»).

С другой стороны, приемник цветного телевидения также без всяких переделок должен быть способен, кроме цветных, принимать без красок обычные черно-белые программы (условие «обратной совместимости»). Выполнение условий прямой и обратной совместимостей имеет большое значение для всех стран, где уже широко развито телевизионное вещание.

Удовлетворение требования «профессиональной» совместимости предлагает возможность использования многих технических средств черно-белого телевидения при замене его цветным. Например, программа цветного телевидения, требующая специально оснащенных студий, может создаваться только на немногочисленных телецентрах. Отсюда возникает необходимость в ее ретрансляции, для чего экономически выгодно использовать уже существующее оборудование кабельных магистралей, радиорелейных и космических линий связи, телевизионных передатчиков, строительство которых требует больших капиталовложений и которые построены в соответствии с параметрами черно-белого телевизионного вещания.

На основании изложенного можно точно сформулировать следующие четыре условия совместимости.

I условие. Полный сигнал цветного телевидения должен содержать все элементы полного сигнала черно-белого телевидения, в том числе и информацию о распределении яркости в передаваемой сцене.

II условие. Все другие элементы, содержащиеся в сигнале цветного телевидения, необходимые для отображения информации о цвете передаваемых сцен, не должны создавать заметных помех на экране черно-белых телевизоров при приеме цветных передач.

III условие. Параметры системы цветного телевидения (число строк разложения, частота кадровой развертки, полоса частот видеосигнала, разнос между несущими частотами сигналов изображения и звука, ширина спектра частот и т. д.) должны быть аналогичны соответствующим параметрам системы черно-белого телевидения и обеспечивать высокое качество изображения.

VI условие. Звуковое сопровождение должно передаваться таким же образом, как и в черно-белом телевидении.

Таким образом, принцип совместимости означает сосуществование цветного и черно-белого телевидения и обеспечивает возможность постепенного перехода от черно-белого телевидения к цветному.

VI. 5. Что называется кодированием и декодированием в цветном телевидении?

Выполнение условий совместимости во всех системах цветного телевидения, предназначенных для вещания, обеспечивается при помощи так называемого кодирования сигналов изображения с камер цветного телевидения.

Кодированием называется процесс преобразования сигналов

трех основных цветов R, G, B в сигнал яркости и цветоразностные сигналы, а также создание сигнала цветности в виде модулированной поднесущей, передаваемой внутри полосы, занимаемой сигналом яркости (вопросы VI. 8; VI. 13; VI. 18; VI. 21).

В результате кодирования получается сигнал цветного телевидения, содержащий информацию о яркости и цветности изображения, а помимо этого занимающий частотную полосу одного телевизионного канала.

Сигнал яркости должен соответствовать стандарту черно-белого телевидения. Именно он будет создавать монохроматическое (черно-белое) изображение на экранах цветных и черно-белых телевизоров.

Вторая составляющая — сигнал цветности должен использоваться только в цветных телевизорах для окрашивания монохроматического изображения, получаемого из сигнала яркости. В черно-белых телевизорах сигнал цветности не должен создавать никакого изображения.

Для выполнения всех этих требований в системах цветного телевидения применяют особые способы кодирования (преобразования) сигналов. Устройство, реализующее процесс кодирования, называется к о д е р о м (вопрос VII. 23).

Применение кодирования на передающей стороне телевизионного канала требует внедрения на приемной стороне обратной операции — декодирования.

Д е к о д и р о в а н и е — процесс, обратный кодированию, основывающийся на преобразовании сигнала цветного телевидения обратно в сигналы трех основных цветов R, G, B. Устройство, реализующее процесс декодирования, называется д е к о д е р о м.

Кодер и декодер — типовые устройства соответственно для передатчика и приемника цветного телевидения. Современные вещательные системы цветного телевидения характеризуются различным решением процесса кодирования, а значит, и декодирования.

Из-за необходимости применения кодирующего и декодирующего устройств техника цветного телевизионного вещания оказывается намного сложнее техники черно-белого. Однако большая сложность окупается преимуществами, которыми цветное изображение выгодно отличается от черно-белого (вопрос I. 1).

VI. 6. По какому принципу построена одновременная система цветного телевидения?

При одновременной системе электрические сигналы цветоделенных изображений (цв. рис. VI. 1) передаются по каналу связи одновременно. Такая система в общем случае может быть создана путем механического соединения трех стандартных телевизионных систем. Каждая из них передает информацию об одном из основных цветов, а на приемной стороне три полученных одноцветных изображения совмещаются на общем экране. Такое совмещение цветоделенных изображений называется смешением цветов (вопрос V. 7). На рис. VI. 2 показана структурная схема одновременной трехканальной системы цветного телевидения.

В этой системе изображение передаваемого цветного объекта с помощью цветоделительного оптического устройства (вопрос VI. 7) проецируется в трех основных цветах R, G и B на фотокатоды соответствующих передающих трубок, где происходит преобразование оптических изображений в соответствующие электрические сигналы E_R, E_G и E_B. Для передачи этих сигналов не обязательно иметь три отдельных радиопередатчика. Чтобы все три сигнала можно было излучать одним передатчиком, их следует сначала поместить на так называемые поднесущие частоты. Для этого после усиления видеосигналы поступают на модуляторы, куда

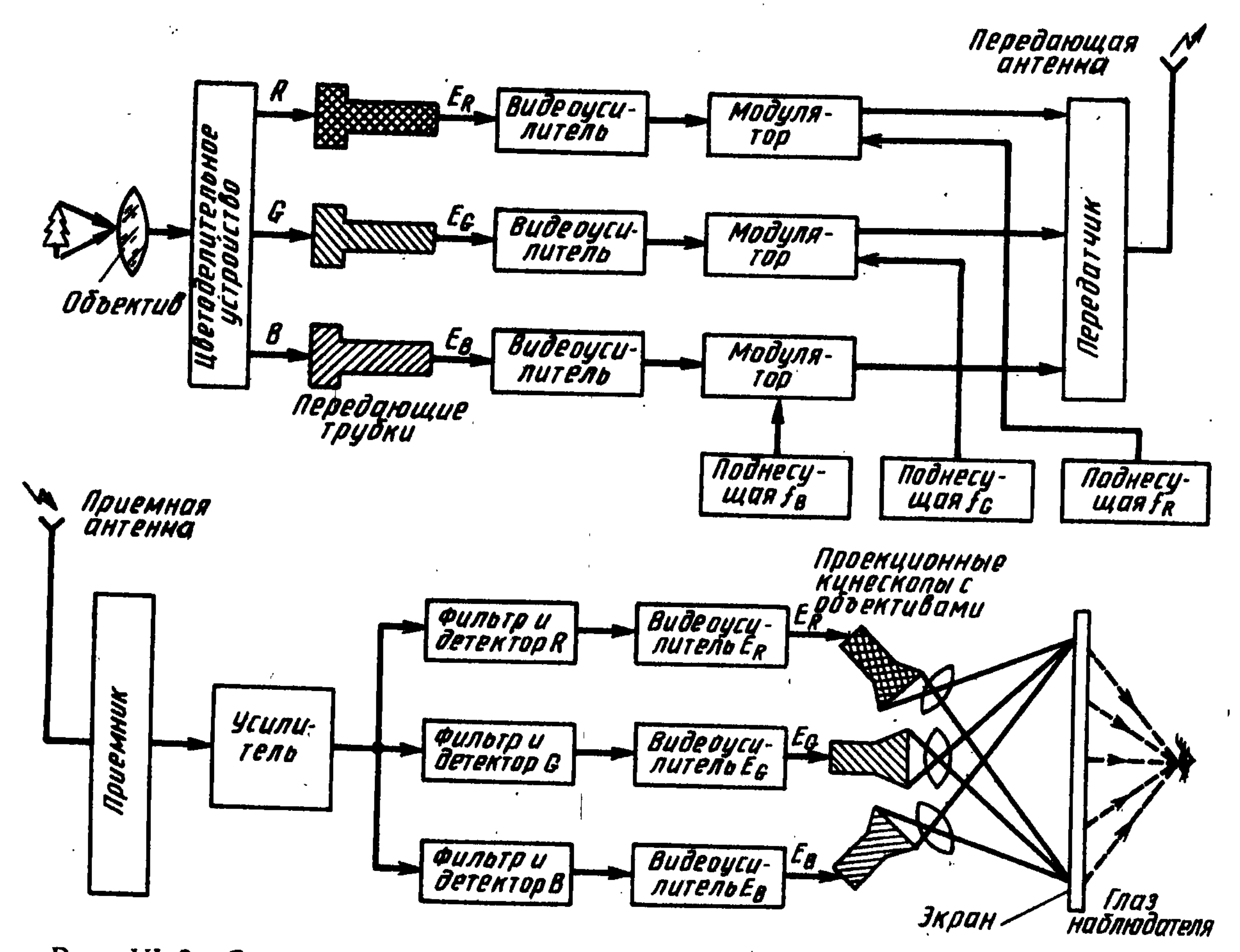


Рис. VI. 2. Структурная схема трехканальной одновременной системы цветного телевидения

также подаются напряжения поднесущих частот f_R, f_G, f_B. В результате три видеосигнала оказываются разнесенными по оси частот, как показано на рис. VI. 3. Если считать спектры цветных сигналов равными между собой:

$$F = F_R + F_G + F_B = 6{,}0 \text{ МГц},$$

то ширина полного спектра частот сигнала одновременной системы составит:

$$F_{\text{полн.}} = 3F + 2\Delta F = 3 \cdot 6 + 2 \cdot 1 = 20 \text{ МГц},$$

где $\Delta F = 1$ МГц — защитные частотные полосы, необходимые для четкого разделения цветных сигналов полосовыми фильтрами в месте приема.

Таким образом, передатчик одновременной системы должен излучать в эфир сигнал с полосой частот 20 МГц. На приемной стороне принятые сигналы усиливаются и поступают на три полосовых фильтра, которые выделяют из трех только одну из поднесущих: f_R, f_G или f_B. После детектирования и усиления каждый из сигналов подается на управляющий электрод своего проекционного кинескопа. Можно было бы использовать черно-белые кинескопы с соответствующими светофильтрами перед экраном. Однако гораздо более эффективны кинескопы, экраны которых покрыты люминофорами красного, зеленого и синего свечений. Если объект передачи имеет вид, показанный на цв. рис. VI. 1, то на экране каждого из трех цветных кинескопов одновременно появится одно из соответствующих передаваемому цветоделенному изображению R, G и B.

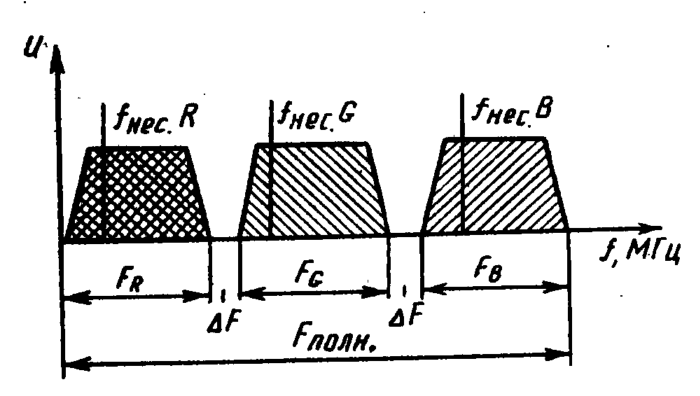


Рис. VI. 3. Спектр радиочастот сигналов изображения трехканальной одновременной системы цветного телевидения

Путем оптического совмещения трех цветоделенных изображений на общем экране получается цветное изображение. Этот экран конструктивно удобно выполнить из матового стекла и рассматривать цветное изображение с противоположной от кинескопов стороны. Далее три приемные трубки могут быть заменены одним цветным кинескопом, на экране которого может быть непосредственно получено цветное изображение (вопрос III. 39).

В одновременной системе цветного телевидения, как и в системе черно-белого, надо передавать 25 кадров в секунду, но при этом полоса частот телевизионного сигнала изображения должна быть минимум в три раза больше, чем в черно-белом телевидении, так как каждый цветоделенный сигнал занимает полосу в 6 МГц. Следовательно, по этому принципу одиовременная система оказывается несовместимой.

Обычный черно-белый телевизор не может принимать изображение (конечно, в черно-белом виде) описанной одновременной системы еще и потому, что в видеосигнале этой системы нет составляющей, соответствующей черно-белому изображению. Настраивая телевизор на один из спектров (рис. VI. 3), можно получить в черно-белом виде одно из цветоделенных изображений — R, G или B. Очевидно, что ни одно из этих изображений непригодно для роли черно-белого.

Таким образом, трехканальная одновременная система цветного телевидения является несовместимой и ее невозможно применить в широком вещании. Однако она вовсе не является такой бесполезной. Там, где нет необходимости выходить в эфир (замкнутые системы), можно использовать несовместимые системы. Например, можно транслировать передачи из операционной в студенческую аудиторию, с технологических мест — к диспетчеру и др.

VI. 7. Как устроена и работает цветоделительная система?

Для цветоделения и цветосмешения в телевидении пользуются цветоизбирательными (дихроическими*) зеркалами, которые являются существенным элементом современной передающей камеры цветного телевидения. Они служат для двух целей. Во-первых, с их помощью световой поток, исходящий от объекта передачи, разделяется на три (или четыре) потока в соответствии с числом передающих трубок (рис. VI. 4). Во-вторых, дихроические зеркала служат светофильтрами, разделяющими световой поток по цвету.

С принципом действия цветоделительных зеркал (стекол) мы достаточно часто сталкиваемся в обыденной жизни. В качестве одного из наиболее распространенных примеров можно привести оконное стекло в условиях вечернего освещения. Находясь вечером в освещенной комнате и рассматривая через оконное стекло улицу, можно одновременно наблюдать на оконном стекле свое отражение и улицу. Это явление

* Дихроический (греч.) — двухцветиый.

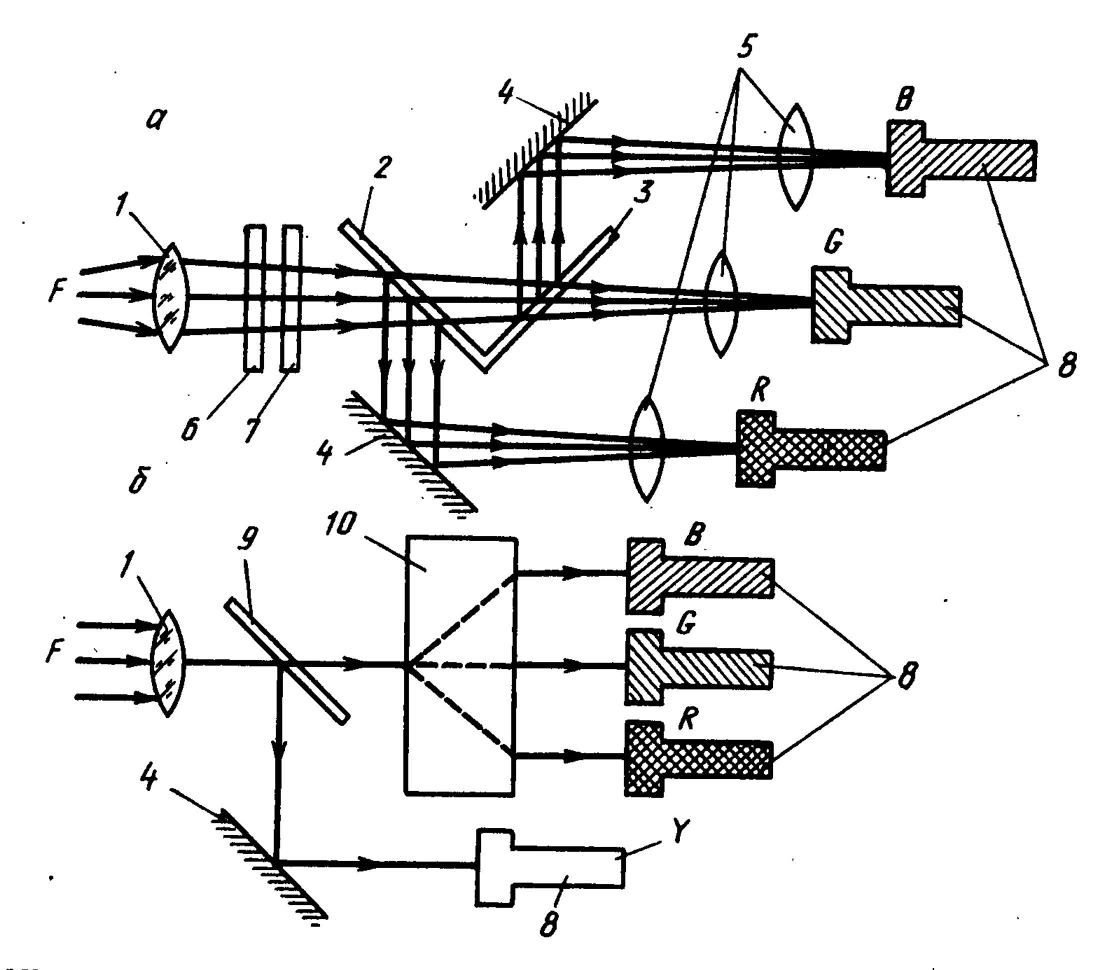


Рис. VI. 4. Схема деления светового потока в передающей цветной камере:
а — на три одноцветных; б — на три одноцветных и яркостный; 1 — объектив; 2, 3 — дихроические зеркала; 4 — неселективные зеркала; 5 — светокорректирующие фильтры; 6 — нейтральный светофильтр; 7 — коррекционный светофильтр; 8 — передающие трубки; 9 — полупрозрачное зеркало; 10 — цветоделительная система

объясняется наличием пленки из растворенной пыли, которая отражает часть лучей, идущих из комнаты (собственное отражение), и пропускает часть лучей, идущих с улицы. Таким же свойством обладает и пленка из керосина на поверхности воды. Пропуская в воду лучи красного и зеленого цветов, пленка отражает лучи голубого и синего цветов: отсюда и голубовато-синеватый оттенок поверхности воды.

Дихроические зеркала пропускают энергию одной части спектра, отражая энергию другой части спектра и имеют малое поглощение. Хорошо выполненные зеркала имеют максимальный коэффициент отражения 85% для одной части спектра и коэффициент прозрачности 95% для другой. Это достигается за счет интерференции света в тонких пленках.

Для расширения диапазона волн, которые зеркало не отражает, и придания большей крутизны границе раздела отражаемой области спектра от неотражаемой, пленки наносятся несколькими слоями (от 7 до 20). Конструктивно цветоизбирательные зеркала располагаются под углом 45° к оптической оси объектива, как показано на рис. VI. 4.

Существует несколько различных схем цветоделительных систем, использующих дихроические зеркала. Для разделения светового потока на три одноцветных достаточно двух дихроических зеркал, имеющих определенные характеристики спектрального отражения и спектральной прозрачности.

На рис. VI. 4, а показано деление светового потока с помощью дихроических зеркал на три одноцветных. Здесь общий световой поток F, пройдя объектив 1, попадает на дихроическое зеркало 2. От зеркала отражаются красные лучи, а остальные проходят и попадают на второе

дихроическое зеркало *3*. От него отражаются синие лучи и проходят оставшиеся зеленые. Обычные зеркала *4* необходимы для изменения направления лучей только с целью получения более компактной конструкции камеры. Если габариты не имеют существенного значения, например, в камерах для передачи кинофильмов, то эти зеркала могут отсутствовать.

При использовании дихроических зеркал в каждый канал проходит почти весь световой поток данного спектрального состава. Поскольку дихроические зеркала только грубо разделяют световые потоки по спектральным составляющим, то для точного доведения спектрального состава каждого из выделенных потоков до нормы на их пути у фотокатодов передающих трубок *8* установлены светокорректирующие фильтры *5*. Нейтральный фильтр *6* применяют для ослабления светового потока без изменения его спектрального состава. Коррекционный фильтр *7* служит для коррекции спектра излучения (преобразует источник света в студии в источник С, вопрос V. 12).

В четырехтрубочных камерах может использоваться такая же цветоделительная система, как и в трехтрубочной. Но между ней и объективом устанавливается дополнительное полупрозрачное зеркало, с помощью которого обеспечивается разделение светового потока на канал яркости и канал цветности (рис. VI. 4, б). На трубку яркостного сигнала Y обычно направляются 20—30 % светового потока, а остальные 70—80 % поступают в цветоделительную систему.

VI. 8. Каковы особенности формирования сигналов яркости и цветности, удовлетворяющих условиям совместимости?

Для передачи цветное изображение необходимо разложить на три одноцветных (цветоделенных): красное, зеленое и синее (цв. рис. VI. 1). Наличие этих трех одноцветных изображений на приемной стороне позволяет воспроизвести передаваемую сцену в реальных цветах. Известно и то, что поочередная или одновременная передача сигналов E_R, E_G и E_B, соответствующих цветоделенным изображениям, не обеспечивает выполнения условий совместимости (вопросы VI.4, VI.6).

Очевидно, что в совместимой системе цветного телевидения необходимо иметь сигнал, который создавал бы нормальное черно-белое изображение с правильной передачей градаций яркости цветного объекта. Его называют яркостный сигнал и обозначают E_Y, поскольку координата Y в системе МКО (вопрос V. 10) передает яркость. Учитывая прямую связь между яркостью объекта и соответствующей величиной сигнала, был сформирован сигнал, точно передающий градации яркости передаваемого объекта с учетом свойств приемной трубки.

Сигнал E_Y может быть получен путем определенного сложения цветоделенных сигналов E_R, E_G и E_B.

$$E_Y = L_{Rп} \cdot E_R + L_G \cdot E_G + L_{Bп} \cdot E_B.$$

И, в частности, для равносигнального белого цвета типа С (вопрос V. 12) должен быть равен:

$$E_Y = 0{,}30E_R + 0{,}59E_G + 0{,}11E_B.$$

Такой яркостный сигнал необходим для работы приемников черно-белого телевидения. Неравнозначность числовых коэффициентов в последнем уравнении учитывает особенности спектральной чувствительности зрения человека (вопрос V. 2). Хотя изображение в черно-белом телевизоре и не будет цветным, для большей естественности яркость зеленых участков изображения должна быть наибольшей, а яркость синих — наименьшей.

Действительно, в цветном изображении яркости красного, зеленого и синего участков изображення, передаваемых равными сигналами, относятся как $L_{Rп} : L_{Gп} : L_{Bп}$. Но на черно-белой трубке равные сигналы создадут и равные яркости. Так, например, если взять три световых потока равной интенсивности красного, зеленого и синего цветов и совместить их на экране (рис. V. 6), получится белый цвет. Однако при визуальном наблюдении каждого из потоков света в отдельности зеленый цвет будет восприниматься глазом в два раза более ярким, чем красный, и в шесть раз более ярким, чем синий. Это обусловлено различной спектральной чувствительностью глаза к красному, зеленому и синему цветам.

Чтобы и в этом случае сохранилось правильное соотношение яркостей, надо соответственно изменить доли трех компонентов в яркостном сигнале. Для его преобразования используется пересчетная схема.

Определим значение каждой цветовой составляющей в яркостном сигнале из соотношения:

$$E_Y = 0{,}30E_R + 0{,}59E_G + 0{,}11E_B;$$

$$E_R = \frac{1}{0{,}30} \cdot (E_Y - 0{,}59E_G - 0{,}11E_B);$$

$$E_R = \frac{1}{0{,}59} \cdot (E_Y - 0{,}30E_R - 0{,}11E_B);$$

$$E_B = \frac{1}{0{,}11} \cdot (E_Y - 0{,}30E_R - 0{,}59E_G).$$

Из приведенных соотношений следует очень важный для практики цветного телевидения вывод: **при наличии яркостного сигнала E_Y нет необходимости в передаче трех цветоделенных сигналов E_R, E_G и E_B. Достаточно передать любые два из них, а третий можно получить непосредственно на приемной стороне путем вычитания переданных двух из яркостного сигнала.** Такое преобразование называется колориметрическим кодированием.

Например, зеленый цвет в приемнике можно получить на основании уравнения:

$$E_G = 1{,}7E_Y - 0{,}51E_R - 0{,}19E_B.$$

При пользовании приводимыми здесь уравнениями необходимо помнить, что знак минус перед числовым коэффициентом означает инверсию полярности рассматриваемого сигнала по отношению к сигналу, полярность которого принято считать положительной. Иными словами, операцию вычитания одного сигнала из другого заменяют сложением, предварительно изменив полярность того сигнала, перед выражением которого стоит знак минус.

Практически в совместимых системах цветного телевидения передача информации о цвете осуществляется с помощью двух каких-либо цветоразностных сигналов (вопрос VI. 9).

VI. 9. Для чего нужны цветоразностные сигналы?

Цветоразностные сигналы передаются для того, чтобы обеспечить принцип постоянной яркости, основанный на том, что распределение яркости изображения определяется только яркостным сигналом и не изменяется при добавлении сигнала цветности. Это необходимо для обеспечения требования совместимости систем цветного и черно-белого телевидения (вопрос VI. 4).

В обычных передачах цветного телевидения большой удельный вес имеют изображения с многочисленными черно-белыми участками. Кроме того, большинство участков этих изображений имеют слабую насыщенность, то есть преобладают розовые, светло-голубые, слабо-зеленые и тому подоб-

ные тона. Детали с высокой насыщенностью встречаются относительно редко. Следует отметить, что составляющие цветовых сигналов E_R и E_B, передаваемые внутри спектра сигнала яркости E_Y (вопрос VI. 17) будут видны на экране черно-белого телевизора в виде мелкоструктурной медленно перемещающейся сетки. Эта мешающая сетка будет существовать и при передаче черно-белых объектов, так как три передающие трубки разлагают это изображение на три цветных, в результате чего образуются сигналы E_R, E_G, E_B. Поэтому даже при передаче черно-белых изображений полный сигнал будет содержать кроме сигнала яркости E_Y и цветовые сигналы E_R и E_B (вопрос VI. 10).

В этой связи устранение на экране черно-белого телевизора помех от мелкоструктурной сетки, создаваемой цветными сигналами E_R и E_B на черно-белых и слабонасыщенных участках, значительно улучшило бы качество телевизионных передач в целом. Во всех современных совместимых системах задача устранения помех от мелкоструктурной сетки решается путем замены в полном сигнале цветного телевидения цветных сигналов E_R и E_B цветоразностными сигналами $E_R - E_Y$ и $E_B - E_Y$. Последние создаются в соответствующих матрицах передающего устройства (вопрос VI. 14) путем вычитания сигнала яркости из соответствующего сигнала цветоделенных изображений:

$$E_{R-Y} = E_R - E_Y; \quad E_{G-Y} = E_G - E_Y; \quad E_{B-Y} = E_B - E_Y.$$

Вычитание из сигнала основного цвета сигнала яркости формально означает, что цветоразностный сигнал содержит информацию только о цветности, но не о яркости. Поэтому главной особенностью цветоразностных сигналов является то, что на черно-белых (и серых) местах изображения они равны нулю, то есть $E_R = E_B = E_G = E_Y$. Следовательно, $E_R - E_Y = 0$ и $E_B - E_Y = 0$. (Передача третьего разностного сигнала E_{G-Y} не является необходимой, вопрос VI. 10). При малых насыщенностях, то есть слабой окраске, цветоразностные сигналы малы, что не вызывает помех на экранах черно-белых приемников, принимающих сигнал цветного телевидения.

VI. 10. Почему не передают зеленый цветоразностный сигнал $E_G - E_Y$?

Из трех составляющих R, G и B наибольшую интенсивность (59 %) и более широкую полосу частот имеет зеленый сигнал G. В этом смысле он очень близок к яркостному сигналу Y. Иными словами, если на черно-белый телевизор подать сигнал E_G, то изображение на его экране будет довольно близко к изображению, получаемому от яркостного сигнала E_Y. Сигналы E_R и E_B требуют значительно меньшей полосы частот, чем сигнал E_G (вопрос VI. 11), имеют меньшую интенсивность (соответственно 39 и 11 %). Поэтому с целью улучшения совместимости выгодно не передавать самый интенсивный и широкополосный сигнал из трех цветоделенных сигналов. При передаче формируют только цветоразностные сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} (вопрос VI. 16), а сигнал E_{G-Y} восстанавливается в самом телевизоре (вопрос III. 22).

VI.11. Какова связь между величиной мелкой детали изображения и требующейся для ее передачи верхней границы полосы частот?

На рис. VI. 5, а в упрощенном виде представлена строка изображения с равномерно чередующимися на ней черными и белыми деталями. Напряжение сигнала этой строки $U_{сигн}$ (рис. VI. 5, б) из-за апертурных* искажений

* Апертура — буквально «отверстие». В телевидении означает сечение электронного луча на экране и мишени соответственно приемных и передающих трубок. Апертурные искажения связаны с конечным диаметром электронного луча. Двигаясь вдоль строки, луч не в состоянии воспроизвести резкие перепады яркости, по длительности сравнимые с диаметром луча.

не имеет вида прямоугольных импульсов. Для простоты можно принять, что $U_{сигн}$ имеет форму синусоиды, частота которой определяется так:

$$f_{ДЕТ} = \frac{L}{2T_{ДЕТ}}$$

Исходя из очевидных соотношений (рис. VI. 5, а и б)

$$\frac{T_{СТР}}{2T_{ДЕТ}} = \frac{L}{2d}, \text{ получаем } f_{ДЕТ} \cdot d = \frac{L}{2T_{СТР}}$$

где

$T_{стр}$ — длительность прямого хода по строке, то есть при заданных длине строки L и длительности прямого хода $T_{стр}$ произведение $f_{дет}$ • d является постоянной величиной. Это означает, что для передачи более мелких деталей d требуется более высокая частота $f_{дет}$.

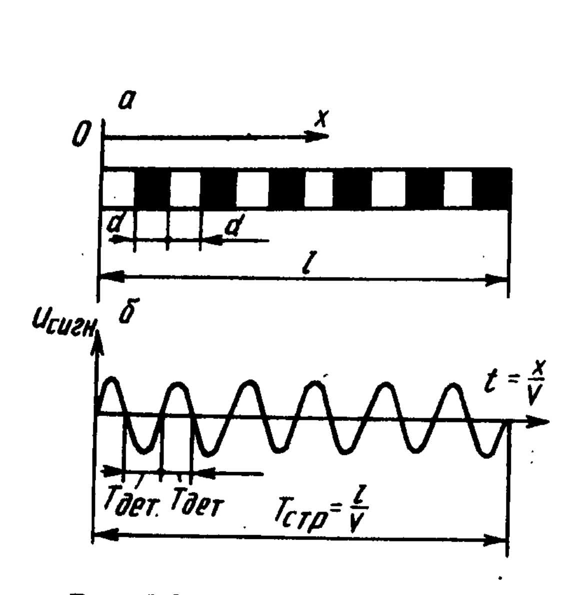
На рис. VI. 5, в дан график зависимости этой высшей частоты спектра $f_{дет}$ от размера детали d для взятых из практики величин L = 480 мм (кинескоп 59ЛК3Ц) и $T_{стр}$ = 51 мкс.

Таким образом, основываясь на полученном графике (рис. VI. 5, в) размер деталей можно условно определять не в миллиметрах, а в мегагерцах. Например, очень мелкие детали лежат в диапазоне от 3 до 6 МГц, мелкие детали — от 1 до 3 МГц, средние детали — от 0,5 до 1 МГц.

VI. 12. Как выбиралась полоса частот цветоразностных сигналов?

Казалось бы, ширина спектра цветоразностных сигналов (вопрос VI. 8) должна определяться наиболее широкополосным яркостным сигналом. Для СССР полоса частот, занимаемая сигналом яркости, выбирается такой же, как и для стандартного сигнала черно-белого телевидения, то есть 0—6,0 МГц. Однако практически ее можно ограничить величиной, необходимой для неискаженного воспроизведения сигналов E_R и E_B. Это можно сделать на основании ограниченной разрешающей способности цветового зрения (вопросы V. 2, V. 6).

Благодаря этому без заметного влияния на качество можно передавать цветоразностные сигналы, ограниченные с помощью фильтров частотой



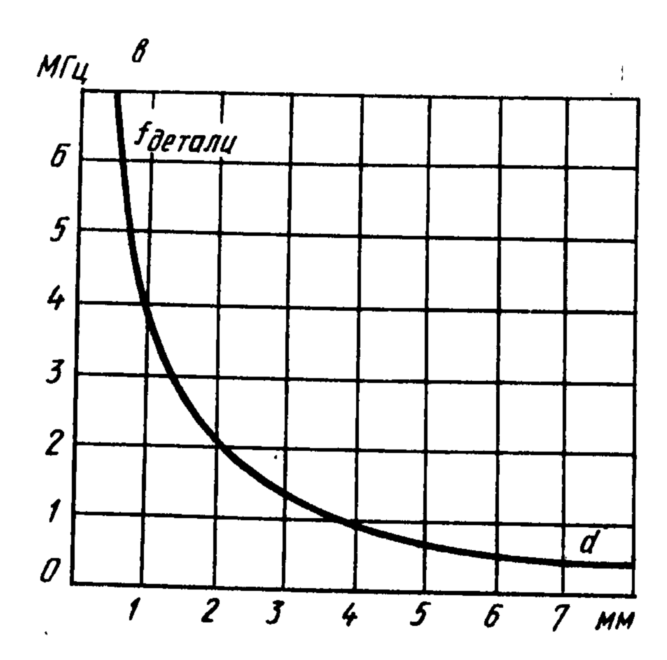


Рис. VI. 5. Взаимосвязь между размерами мелких деталей и полосой частот:
а — расположение мелких деталей на строке; *б* — электрический сигнал, соответствующий мелким деталям; *в* — график зависимости полосы частот от размера мелких деталей

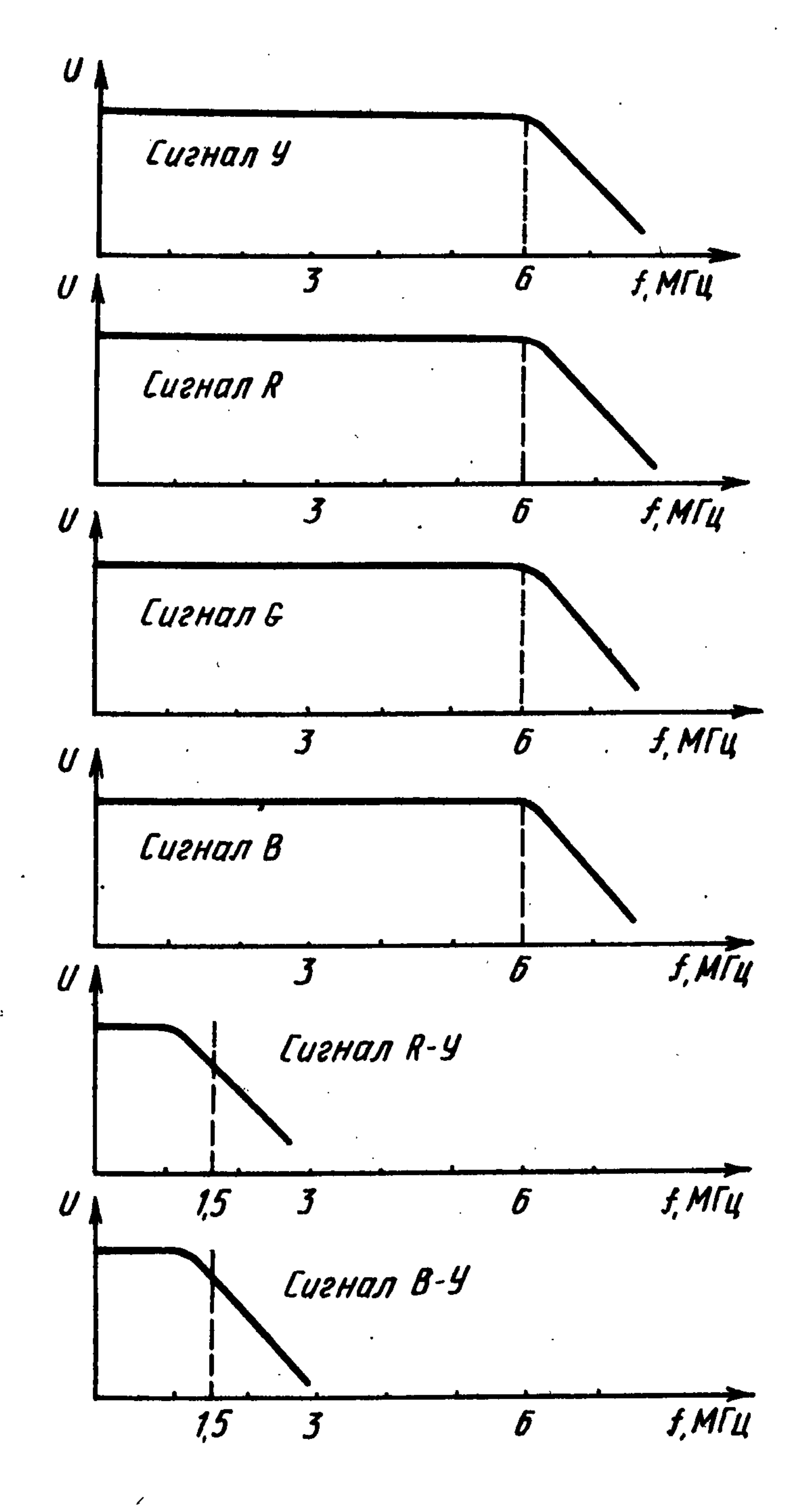


Рис. VI.6. Амплитудно-частотные характеристики яркостного (Y), цветоделенных (R, G, B) и цветоразностных (R—Y и B—Y) сигналов

около 1,5 МГц, а следовательно, соответствующие только большим площадям передаваемого изображения при условии, что сигнал яркости имеет полную полосу. Амплитудно-частотные характеристики, иллюстрирующие описанные выше преобразования сигналов, представлены на рис. VI. 6.

Из такого способа передачи сигналов следует, что прием цветной передачи основан на подцвечивании сигналом цветности независимой черно-белой передачи, характеризующейся сигналом яркости. Это означает, что с помощью яркостного сигнала обеспечивается вырисовывание четких контуров мелких деталей, а с помощью сигнала цветности — раскраска изображения. Телезритель, видящий такой рисунок, воспринимает его как цветной, хотя мелкие детали не цветные.

При уменьшении полосы частот цветоразностных сигналов до 0,5 МГц качество цветного изображения остается достаточно высоким.

VI. 13. Для чего необходима гамма-коррекция?

Все предыдущие рассуждения основывались на том, что между яркостью свечения люминофора $B_{из}$ и напряжением сигнала $E_{из}$ существует линейная зависимость. В действительности характеристика свечения приемной трубки имеет нелинейную зависимость: яркость свечения экрана приблизительно пропорциональна квадрату (или даже кубу) управляющего напряжения. В черно-белом изображении этот эффект в определенной мере улучшает зрительное восприятие изображения, в цветном же — приводит к изменению соотношения яркости деталей цветоделенных изображений, что вызывает недопустимое изменение цвета.

Для компенсации этой нелинейности каждый из сигналов передающих трубок (E_R, E_G и E_B) вначале проходит через так называемые гамма-корректоры, амплитудная характеристика которых описывается уравнением $U_{вых} = U_{вх}^{1/\gamma}$. Показатель степени γ (гамма) может быть как меньше, так и больше единицы и носит название коэффициента контрастности. У передающих трубок γ, как правило, меньше единицы (порядка 0,5—0,8), а для кинескопов больше единицы (2,2—2,8). Согласно ГОСТ 19432—74 на цветное телевидение «Гамма передаваемого сигнала равна $0{,}45 \pm 0{,}5$». (Для цветного кинескопа $\gamma = 2{,}8$).

Таким образом, гамма-коррекция сводится, по существу дела, к извлечению корня соответствующей степени из сигналов основных цветов E_R, E_G и E_B, подаваемых на вход гамма-корректора.

На рис. VI. 7, а приведены световые характеристики телевизионной системы «от света — до света», то есть зависимость яркости телевизионного изображения на экране кинескопа от яркости объекта телевизионной передачи $B_{из} = f(B_{об})$, для различных значений общего коэффициента контрастности всей системы. Шкала яркости по обеим осям на рис. VI. 7, в условно разбита на три участка, соответствующих черному (Ч), серому (С) и белому (Б).

Характеристика *1*, соответствующая значению $\gamma = 1$, линейна, и на экране кинескопа воспроизводится точное соотношение яркостей всех элементов передаваемого объекта.

Характеристика *2*, соответствующая случаю, когда $\gamma < 1$, нелинейна; при этом черные элементы объекта передачи превращаются на экране кинескопа в серые, а серые — в белые. Изображение становится вялым и малоконтрастным.

Характеристика *3*, соответствующая значению $\gamma > 1$, также нелинейна,

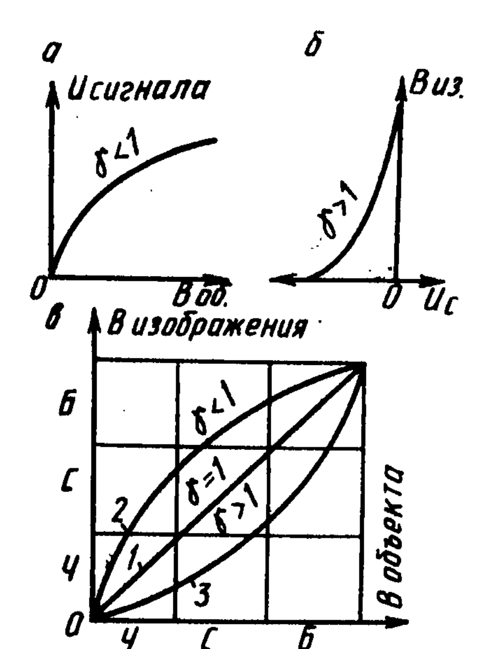


Рис. VI. 7. Световые характеристики:

а — передающей трубки; *б* — кинескопа; *в* — телевизионной системы «от света до света» для различных значений коэффициента «Гамма»

но в этом случае черным и серым элементам объекта соответствуют только черные элементы изображения на экране кинескопа — изображение становится более контрастным и резким. Поэтому при регулировке черно-белой телевизионной системы, как правило, добиваются $\gamma > 1$ ($\gamma = 1{,}25 - 1{,}3$).

В цветном телевидении нарушение линейности световой характеристики системы нарушает правильность воспроизведения цветовых оттенков и поэтому всегда добиваются $\gamma = 1$. Это достигается тем, что к характеристике *3* остальной части системы добавляется характеристика *2* гамма-корректора, в результате чего получается линейная характеристика *1*. При $\gamma = 1$ контрастности изображения и объекта равны.

Сигналы, прошедшие через гамма-корректор, принято обозначать штрихами:

$$E'_R = E_R^{1/\gamma},\ E'_G = E_G^{1/\gamma},\ E'_B = E_B^{1/\gamma}$$

Следует отметить, что при передаче неокрашенного изображения (белое, серое, черное) эти сигналы оказываются одинаковыми, то есть $E'_R = E'_G = E'_B$.

С учетом гамма-коррекции яркостный и цветоразностные сигналы будут выражены формулами:

$$E'_Y = 0{,}30 \cdot E'_R + 0{,}59E'_G + 0{,}11E'_B;$$
$$E'_{R-Y} = E'_R - E'_Y;\quad E'_{G-Y} = E'_G - E'_Y;$$
$$E'_{B-Y} = E'_B - E'_Y.$$

VI. 14. Что такое матрицирование и как действует матрица в кодирующем устройстве?

Матрицей в цветном телевидении называется электрическая пересчетная схема, выполняющая математические операции сложения или вычитания электрических напряжений. Строго говоря, вычитание возможно только в активной матрице, которая в своем составе имеет фазопереворачивающий каскад. Пассивная матрица может обеспечить только операцию сложения.

При кодировании (вопрос VI. 5) первым шагом в преобразовании сигналов основных цветов является так называемое матрицирование, то есть получение из них сигнала яркости и двух цветоразностных сигналов, которое осуществляется после гамма-коррекции (вопрос VI. 13).

Схема матрицы для получения яркостного сигнала E'_Y при передаче сигнала «Цветные полосы» (рис. II. 18) приведена на рис. VI. 8. Так как точность вышеуказанных сигналов должна быть высокой (± 1 %), применяют пассивную матричную схему, в которой сложение сигналов, взятых со знаком плюс или минус, происходит без участия активных элементов. Точность резисторов и стабильность во времени их величины должны быть высокими ($\pm 0{,}2 - 0{,}3$ %). Необходимо при этом отметить, что цветоделенные сигналы E'_R, E'_G, E'_B должны иметь хорошее совмещение во времени, то есть ни один из них не должен опережать (или отставать) по фазе от других.

Кодирующая матрица яркостного сигнала имеет три входа и общую выходную нагрузку. На входы матрицы подаются три сигнала (E'_R, E'_G, E'_B), размахи которых при передаче белого регулировкой усиления каналов устанавливаются равными. В этой схеме в результате деления напряжений в отношении $\frac{1}{R1} : \frac{1}{R3} : \frac{1}{R5} = E'_R : E'_G : E'_B$ на резисторе R2 получается напряжение, равное $0{,}30\ E'_R$, на резисторах R4 и R6 получаются соответственно напряжения $0{,}59E'_G$ и $0{,}11E'_B$. Эти напряжения суммируются на резисторе R10, соединенном с выходами делителя через разде-

лительные резисторы R7—R9. В результате из-за влияния разделительных резисторов образуется сигнал E'_Y с уменьшенной амплитудой, но с сохраненными пропорциями составляющих напряжений. Этот сигнал имеет такой же спектр, как и обычный сигнал черно-белого телевидения.

Подобным образом получают цветоразностные сигналы (вопрос VI. 9) E'_{R-Y} и E'_{B-Y}, которые образованы из сигналов E'_R, E'_B и $-E'_Y$ на матричной схеме (рис. VI. 9) и описываются уравнениями (с учетом гамма-коррекции):

$$E'_R - E'_Y = E'_{R-Y} = 0{,}70E'_R - 0{,}59E'_G - 0{,}11E'_B;$$
$$E'_B - E'_Y = E'_{B-Y} = 0{,}89E'_B - 0{,}59E'_G - 0{,}30E'_R.$$

Цветоразностные сигналы получаются вычитанием из сигналов E'_R и E'_B сигнала E'_Y. Под вычитанием понимают сложение в противофазе. Фаза сигнала поворачивается на 180° с помощью однокаскадного усилителя, работающего в схеме с общим катодом или с общим эмиттером.

В дальнейшем для кодирования цветовой и черно-белой информации используются только три полученных сигнала, а именно: сигнал яркости E'_Y, цветоразностный красный сигнал E'_{R-Y} и цветоразностный синий сигнал E'_{B-Y} (вопрос VI. 10). Необходимо отметить, что здесь имеет место преобразование сигналов из одной колориметрической системы в другую. При передаче происходит преобразование системы RGB (вопрос V. 9) в систему Y(R — Y) (B — Y), сигналы которой передаются по тракту, а затем в приемнике цветного телевидения осуществляется обратное преобразование сигналов в систему RGB.

Итак, выбор сигналов E'_Y, E'_{R-Y} и E'_{B-Y} для дальнейшего кодирования обусловлен наилучшей помехозащищенностью системы цветного телевидения от взаимных помех между отдельными сигналами, а также возможностью при этом сохранить общую полосу частот канала связи такой же, как и в системе черно-белого телевидения (вопросы VI. 16— VI. 20).

Наличие сигнала яркости и двух цветоразностных сигналов позволяет после декодирования информации в цветном телевизоре и обратных матричных преобразований (вопросы III. 21, III. 22) получить три первичных сигнала основных цветов. Сигнал E'_{G-Y} при этом может быть получен непосредственно из сигналов E'_Y, E'_{R-Y} и E'_{B-Y} в соответствии с уравнением:

$$E'_{G-Y} = -0{,}51E'_{R-Y} - 0{,}19E'_{B-Y}.$$

VI. 15. Какой выигрыш в сужении суммарной полосы частот дает применение цветоразностных сигналов?

Выбор для дальнейшего кодирования сигнала яркости E'_Y и только двух цветоразностных сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} обусловлен не только улучшением помехозащищенности системы цветного телевидения от взаимных помех между отдельными сигналами, но и возможностью дальнейшего сокращения суммарной полосы частот, занимаемой всеми видеосигналами, что необходимо для обеспечения условий совместимости (вопрос VI. 4).

Общая полоса частот, занимаемых яркостным и двумя ограниченными цветоразностными сигналами с учетом двух защитных частотных полос ($2\Delta F = 2\cdot 0{,}5 = 1$ МГц), необходимых для четкого разделения цветных сигналов полосовыми фильтрами на месте приема, после перечисленных выше преобразований будет равна:

$$F'_{полн.} = F_Y + F_{R-Y} + F_{B-Y} + 2\Delta F = 6{,}0 + 1{,}5 + 1{,}5 + 1{,}0 = 10 \text{ МГц}.$$

Одновременная трехканальная система цветного телевидения имеет полосу частот 20 МГц (вопрос VI.6). Следовательно, отсутствие в передаче зеленого сигнала, ограничение спектров красного и синего сигналов (вопросы VI. 8 — VI. 10) дает выигрыш в два раза. Однако полная полоса

частот ($F'_{полн.} = 10$ МГц) оказывается еще чрезмерной, не укладывающейся в стандартный канал черно-белого телевидения, и поэтому не отвечающей условию совместимости.

Следует заметить, что ограничение полосы цветоразностных сигналов диапазоном частот 0—1,5 МГц соответствует четкости изображения по цвету в горизонтальном направлении, равной приблизительно 120—150 строк. Между тем четкость изображения в вертикальном направлении при принятом стандарте разложения изображения составляет 575 строк (по 25 строк теряется в каждом полукадре на обратный ход луча). И это несмотря на то, что цветовая разрешающая способность глаза ограничена в вертикальном направлении так же, как и в горизонтальном (вопрос V. 2).

Следовательно, если четкость по вертикали для элементов изображения, отличающихся яркостью, сохраняется неизменной, то для элементов, отличающихся между собой цветностью, без ущерба для качества цветного изображения ее можно уменьшить, по крайней мере, вдвое. Такого уменьшения можно добиться, например, передавая цветоразностные сигналы в два раза реже, чем требуется по норме на число строк разложения изображения.

Если принять двухкратное сокращение и, следовательно, более редкую передачу цветоразностных сигналов (по сравнению с сигналом яркости), то один цветоразностный сигнал можно передавать во время, например нечетных строк изображения, а другой — во время четных. Такой принцип передачи дает возможность наполовину уменьшить суммарную ширину полосы частот цветоразностных сигналов (до 1,5 МГц) и передавать их поочередно. В итоге общая полоса частот $F''_{общ.}$ будет равна:

$$F''_{общ.} = F_Y + F_{R-Y} + \Delta F = F_Y + F_{B-Y} + \Delta F = 6{,}0 + 1{,}5 + 0{,}5 = 8 \text{ МГц}.$$

Однако, несмотря на рассмотренные выше преобразования сигналов, условие совместимости в отношении используемой полосы частот вновь не выполняется, хотя по сравнению с $F'_{полн.}$ получился выигрыш в сужении полосы видеосигналов на 2 МГц. Дальнейшая возможность сокращения этой полосы основывается на специфической особенности спектра телевизионного сигнала — его дискретности (вопрос VI. 16).

VI. 16. Каким способом можно передать информацию о цвете в общем спектре частот яркостного сигнала для выполнения условий совместимости?

Так как частотные характеристики сигнала яркости и цветоразностных сигналов частично перекрываются (рис. VI.6), существует необходимость их частотного разделения.

Во всех совместимых системах цветного телевидения информация о цвете передается в полосе частот яркостного сигнала путем уплотнения его спектра. На первый взгляд это кажется невозможным, так как сигнал яркости идентичен сигналу черно-белого телевидения и занимает всю полосу, предназначенную для видеосигнала. В телевизионном канале не остается места на размещение цветоразностных сигналов за полосой сигнала яркости. Следовательно, эти сигналы с целью обеспечения совместимости должны поместиться внутри полосы, занятой сигналом яркости. Вот почему в системах используется широкополосный яркостный сигнал, а цветовая информация передается на поднесущей частоте, расположенной в спектре черно-белого сигнала.

Возможность такой передачи обусловлена самой природой телевизионного сигнала. Известно, что черно-белый (яркостный) сигнал занимает полосу частот 0—6,0 МГц. Однако это не означает, что он весь этот участок спектра занимает непрерывно. Еще в 1934 году американские ученые П. Мертц и Ф. Грей при исследовании состава спектра телевизионного

сигнала обнаружили, что энергия яркостного сигнала, как и спектр обычного видеосигнала, благодаря развертке распределяется в спектре частот не непрерывно, а в виде ряда дискретных энергетических зон. Последние группируются вокруг гармоник частот ($\Delta f_c = f_{стр} = 15625$ Гц) и кадров ($\Delta f_к = f_{кадр} = 25$ Гц). Как известно, гармоническое колебание—

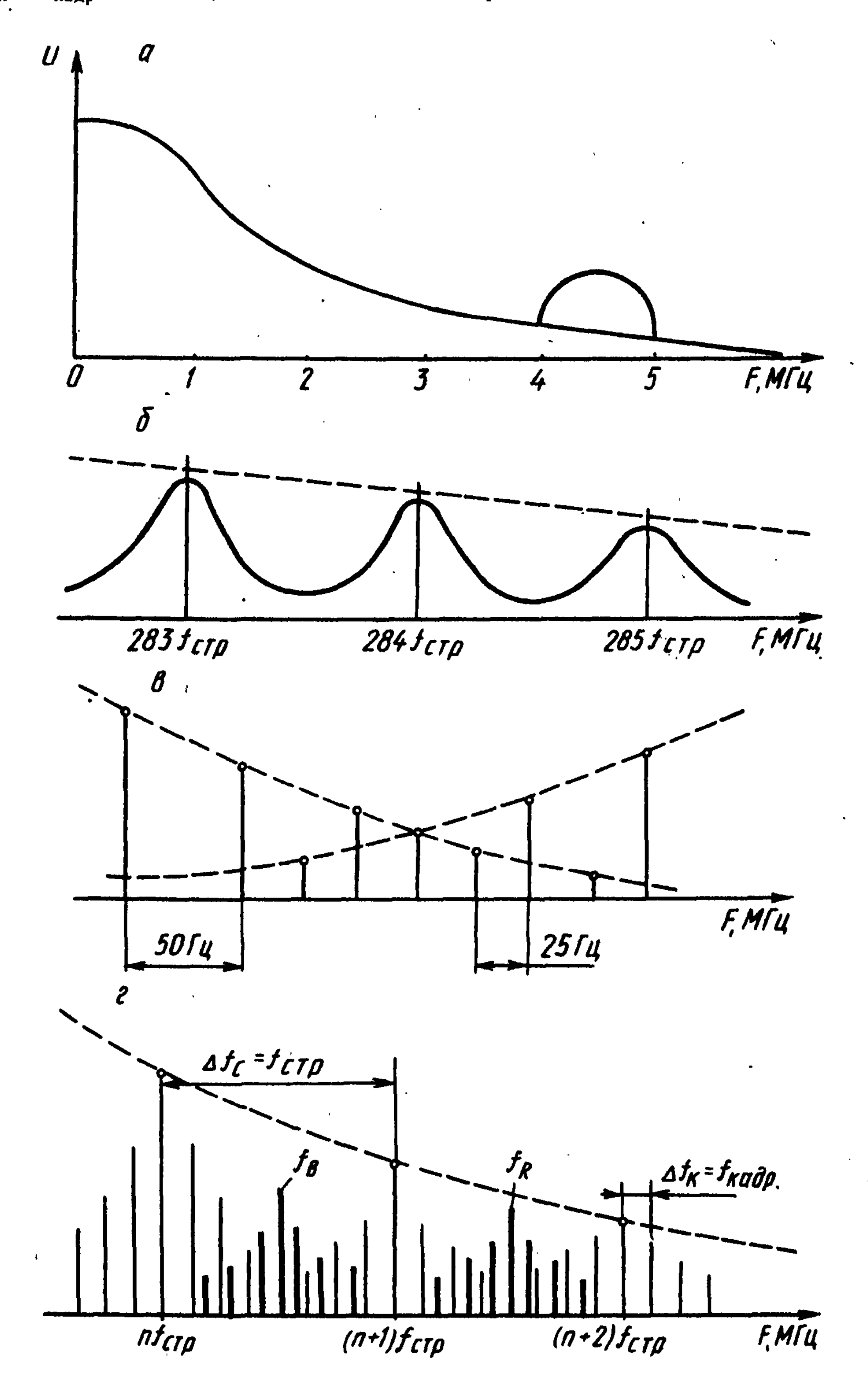


Рис. VI. 10. Спектр телевизионного видеосигнала:

а — распределение энергии в спектре сигнала; *б* — участок спектра 4—5 МГц; *в* — гармоники частоты кадров; *г* — гармоники частоты строк

это колебание, частота которого в целое число раз больше основной частоты данного колебания. Номер гармоники указывает это число.

При передаче неподвижного изображения, например ТИТ-0249, методом черезстрочной развертки с длительностью поля $T_п$ и кадра $T_к$ видеосигнал является периодической функцией времени с периодом $T_к$ и содержит гармоники частоты кадров. Каким бы сложным ни был в этом случае сигнал, он будет повторяться с частотой кадров $f_к = 25$ Гц. Между этими гармониками энергии в спектре сигнала нет. Если бы изображения на всех строках были одинаковыми и не было бы кадрового обратного хода развертки, то видеосигнал содержал бы только гармоники частоты строк. В реальном случае изображение по вертикали меняется от строки к строке и поэтому в спектре видеосигнала наряду с гармониками частоты строк есть гармоники частоты кадров (рис. VI. 10, в). На рис. VI. 10, г по обе стороны каждой гармоники частоты строчной развертки через интервалы 25 Гц ($\Delta f_к = f_{кадр}$) расположен ряд составляющих боковых частот, наличие которых обусловлено кадровой разверткой.

Наличие в телевизионном сигнале строчных гасящих и синхронизирующих импульсов увеличивает интенсивность гармоник спектра телевизионных частот, кратных строчной частоте. Поэтому иа рис VI. 10, г эти гармоники показаны большей амплитуды, чем соседние с ними составляющие спектра.

Для движущихся изображений спектр становится менее дискретным, так как в одном случае каждая гармоническая составляющая приобретает свою нижнюю и верхнюю боковые полосы частот, ширина спектра которых будет тем больше, чем больше скорость движения деталей передаваемого изображения.

Определим ориентировочно ширину спектрального выброса. Для того чтобы движение воспроизводилось достаточно плавно, без рывков, надо, чтобы на перемещение какой-либо части изображения приходилось не меньше 5—10 кадров. Ясно, что чем медленнее изменяется изображение, тем большее число кадров приходится на это изменение. Таким образом, можно полагать, что для передачи движения требуется полоса частот, составляющая примерно 1/5—1/10 часть частоты кадров, то есть ширина спектрального выброса составит примерно 2—5 Гц. В этом случае свободные промежутки в яркостном спектре оказываются большими и используются для размещения сигналов цветности.

Спектры цветоразностных сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} имеют такой же дискретный характер, так как эти сигналы создаются такими же передающими трубками и развертками, что и яркостный сигнал E'_Y. Это обстоятельство дает возможность с целью уплотнения осуществить «переплетение» спектров сигнала яркости и цветоразностных сигналов (рис. VI. 10, г). Размещение составляющих спектра одного видеосигнала в незаполненных участках спектра другого называется *частотным перемежением спектров*.

Однако для того чтобы разместить спектральные линии сигналов цветности между спектральными линиями сигнала яркости, необходимо произвести сдвиг всех составляющих спектра сигналов цветности по оси частот на величину: $\frac{1}{2} F_к = \frac{1}{2} \cdot 25 = 12{,}5$ Гц. Для этих целей используют так называемую *цветовую поднесущую частоту**, которая модулируется цветоразностными сигналами. Точное значение поднесущих частот надо выбирать так, чтобы все составляющие сигнала цветности укладывались в промежутки между гармониками сигнала яркости, что практически

* Для того чтобы не возникало терминологической путаницы, несущую сигнала цветности в отличие от несущей сигнала яркости называют поднесущей.

реализовано в американской и западногерманской совместимых системах цветного телевидения.

В принятой для СССР системе цветного телевидения используется частотная модуляция поднесущей цветоразностными сигналами (вопрос VII. 2). Поэтому значение поднесущей постоянно лишь в состоянии покоя (при отсутствии модуляции ее цветоразностными сигналами) и точно уложить составляющие спектра сигнала цветности в промежутки между гармониками сигнала яркости не представляется возможным. Но и в этом случае свободные промежутки в яркостном спектре оказываются относительно большими и также используются для частичного размещения спектра сигналов цветности.

VI. 17. В каком участке спектра яркостного сигнала целесообразно разместить цветовую поднесущую?

С одной стороны, цветовая поднесущая представляет собой мешающий сигнал, добавленный к сигналу яркости, который может создавать видимый узор (помехи) на экранах черно-белых телевизионных приемников, что является нарушением совместимости (вопрос VI. 4). С другой стороны, высокие частоты спектра сигнала яркости попадают в канал цветности приемника и могут создавать цветовые искажения. Поэтому выбор места для поднесущей частоты в спектре яркостного сигнала обусловлен рядом факторов.

Где же целесообразнее разместить составляющие спектра сигнала цветности? Так как поднесущая лежит внутри видеоспектра (рис. VI. 11), то на экране черно-белого приемника (при близком рассматривании) она проявляется в виде мелкоструктурной сетки. В этой связи прежде всего надо учесть, что низкочастотная часть спектра несет основную информацию об изображении. Поэтому заполнять эту часть спектра сигналами цветности с точки зрения качества изображения, принимаемого черно-белыми телевизорами, нежелательно. На рис. VI. 10, а видно, что наибольшую энергию несут составляющие относительно малой частоты — около 2 МГц, энергия составляющих высших частот очень мала.

Поэтому, во-первых, поднесущая должна быть наиболее высокой в яркостном спектре частот, чтобы не быть заметной на экранах черно-белых приемников. Во-вторых, чтобы избежать лишних перекрестных искажений, сигналы цветности E'_{R-Y} и E'_{B-Y}, модулируя поднесущую, будут передаваться с двумя боковыми полосами, которые соответствуют колебаниям боковых частот в спектре модулированного колебания и присутствующих в нем наряду с несущим колебанием.

При амплитудной модуляции каждая боковая полоса занимает участок, равный всей полосе частот передаваемых колебаний. При частотной моду-

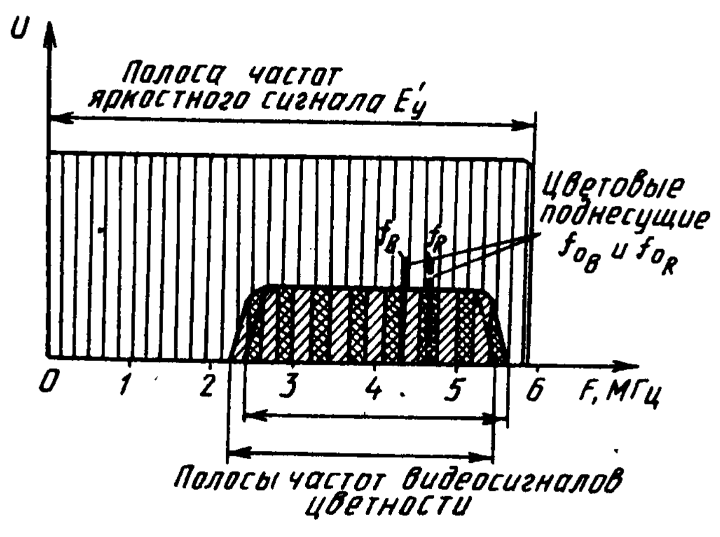


Рис. VI. 11. Частотный спектр полного сигнала цветного телевидения по видеочастоте

ляции ширина боковой полосы зависит от частоты модуляции и от **девиации*** **частоты** (вопрос VII.2). Если частота модуляции гораздо больше, чем девиация частоты, то ширина боковой полосы определяется частотой модуляции. В ином случае боковая полоса определяется величиной девиации частоты. Боковые частоты отличаются от несущей на величину, равную или кратную частоте модуляции, и в случае простых типов модуляции (амплитудной или частотной) расположены в спектре симметрично по обе стороны от несущей частоты.

Поэтому поднесущая должна отстоять от верхнего края видеоспектра по крайней мере на полосу сигнала цветности. В этой связи размещение поднесущей частоты необходимо предусмотреть в диапазоне 3,5—4,5 МГц.

VI. 18. Как выбирали точное значение частоты для поднесущей в совместимых системах цветного телевидения?

Выбор точного значения поднесущей частоты оказывает большое влияние на совместимость системы цветного телевидения. Он влияет также на качество цветного изображения, так как во многом определяет характер взаимных помех (перекрестных искажений) между сигналами яркости и цветности. Из ответа на вопрос VI.16 известно, что поднесущая частота должна быть нечетной гармоникой половины строчной частоты (или что аналогично — кадровой частоты), то есть:

$$f_ц = \left(n + \frac{1}{2}\right) \cdot F_{стр} = (2n + 1) \cdot \frac{F_{стр}}{2},$$

где n — любое целое число.

Это так называемый **метод частотной синхронизации**, предложенный в 1950 г. Домом. При таком выборе величины $f_ц$ она окажется со своими боковыми частотами точно посередине между соседними гармониками $F_{стр}$ (рис. VI. 10, г). Следовательно, можно сказать, что оба сигнала (яркости и цветности занимают одну и ту же общую полосу частот, выполняя тем самым первое условие совместимости (вопрос VI. 4).

Размещение цветовой поднесущей частоты необходимо предусмотреть в высокочастотном участке спектра яркостного сигнала в диапазоне 3,5—4,5 МГц (вопрос VI. 17). Однако здесь следует учитывать реальные возможности получения цветовой поднесущей частоты делителями синхрогенератора в указанных выше пределах.

Так, например, для стандарта разложения 625 строк, 25 кадров (принят подавляющим большинством стран Европы) для выбора поднесущей имеются только две нечетные гармоники: $567 = 7 \times 9 \times 9$ и $539 = 7 \times 7 \times 11$, допускающие простое деление. Конструктивно легче получить первую, то есть:

$$f_ц = 567 \frac{F_{стр}}{2} = 567 \frac{15\,625}{2} = 4\,429\,688 \text{ Гц}.$$

Исходя из приведенных выше рассуждений, в стандарте 525 строк и 30 кадров (принят в США, Японии, Канаде и странах Латинской Америки) для $f_ц$ выбирают 455-ю гармонику строчной частоты, то есть:

$$f_ц = 455 \frac{525}{2} = 3\,579\,545 \text{ Гц}.$$

При наличии такого количества иногда противоречивых фактов спектры сигналов цветовой информации и поднесущая частота для каждого стандарта могут быть правильно выбраны лишь после большого ряда наблюдений

---

* Девиация частоты — наибольшее отклонение частоты от среднего значения при частотной модуляции. От величины девиации частоты существенно зависит спектр модулированного колебания.

за качеством цветного изображения при изменении того или иного параметра.

Например, в некоторых системах цветного телевидения (ПАЛ), где на поднесущей в соседних строках передаются неодинаковые сигналы, на определенных цветах возможна перемена полярности сигнала от строки к строке. В сочетании с полустрочным сдвигом это привело бы к повторению одной и той же фазы поднесущей во всех строках и кадрах. Короче говоря, на изображении возникли бы сильно заметные вертикальные полосы, резко ухудшающие совместимость. Для таких систем полустрочный сдвиг не годится, что долгое время затрудняло их реализацию. Эта проблема была решена в 1926 г. В. Брухом, предложившим четвертьволновый сдвиг (офсет) поднесущей с дополнительным смещением на 25 Гц:

$$f_ц = \left(n - \frac{1}{4}\right) \cdot F_{стр} + \frac{1}{2} F_п,$$

где $F_п$ — частота полей.

Положение такой поднесущей в спектре яркостного сигнала показано на рис. VI. 12. Минимальное расстояние между гармониками составляет здесь 6 • 1/4 Гц, что говорит о периодичности сигнала 4/25 с, то есть о построении растра за 4 кадра.

Действительно, сдвиг на $F_{стр}/4$ приводит к смещению структуры поднесущей от строки к строке на 1/4 периода. За кадром также остаются «лишние» 1/4 периода, поэтому полный цикл завершается за 4 кадра. Дополнительный сдвиг частоты на 25 Гц приводит к перемене полярности структуры от поля к полю и не изменяет общей периодичности.

С учетом четвертьволнового сдвига частота цветовой поднесущей должна быть равна $f_ц = 4{,}43361875$ МГц.

При таком выборе цветовой поднесущей в интервале длительности одной строки $T_{стр}$ будет укладываться:

$$\frac{T_{стр}}{T_{нес}} = \frac{1}{F_{стр}} \cdot \frac{(2n + 1) F_{стр}}{2} = n + \frac{1}{2}$$

периода поднесущей $T_{нес}$, то есть целое число периодов и половина периода. А так как в одном кадре содержится нечетное число строк, то фазы поднесущих в одинаковых строках двух последовательных кадров будут противоположны. Это приводит к усреднению визуально наблюдаемой яркости, создаваемой на черно-белом изображении сигналом цветовой поднесущей, что ослабляет ее заметность.

Исходя из этого, частота цветовой поднесущей в стандарте 625 строк 25 кадров выбирается равной 567-й гармонике 1/2 $F_{стр}$, то есть $f_ц = 4{,}43$ МГц, а в стандарте 525 строк 30 кадров — 455-й гармонике, то есть: $f_ц = 3{,}58$ МГц (соответственно для западногерманской и американской систем цветного телевидения).

Поскольку цветовая поднесущая в системе, принятой в СССР, модулирована по частоте, использовать дискретность телевизионных сигналов

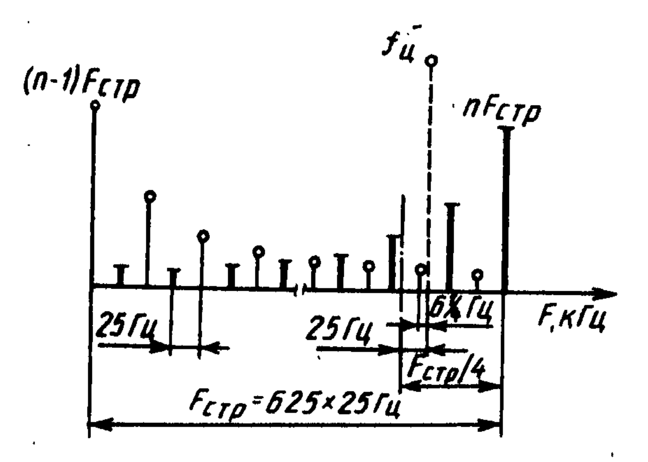


Рис. VI. 12. Четвертьстрочный сдвиг поднесущей с дополнительным смещением на 25 Гц

для устранения их взаимного влияния невозможно. Поэтому значение поднесущей частоты в состоянии покоя f_o (отсутствие цвета) некритично и выбирается кратным четной гармонике строчной частоты: для сигнала E'_{R-Y}.

$$f_{oR} = 282 \cdot F_{стр} = 4{,}40625 \text{ МГц},$$

для сигнала E'_{B-Y}.

$$f_{oB} = 272 \cdot F_{стр} = 4{,}25000 \text{ МГц}.$$

Стабильность средней частоты при отсутствии модуляции должна быть ±2 кГц. Такой выбор поднесущей облегчает условия синхронизации генератора поднесущей, что важно, поскольку в принятой в нашей стране системе сигналы цветности модулируют поднесущую по частоте. Для улучшения совместимости необходимо применять другие меры (вопросы VI. 19 и VII. 5).

VI. 19. Какие меры приняты в совместимых системах цветного телевидения для уменьшения «заметности» помех от цветовой поднесущей?

Уменьшение взаимных помех между сигналами яркости и цветовой поднесущей, спектры которых перемежаются (рис. VI. 10, г), уже заложено на примере полустрочного сдвига при выборе поднесущей частоты (вопрос VI. 18) в американской и западногерманской системах.

Рассмотрим, почему колебания поднесущей частоты и ее гармоники не создают заметных помех на экранах черно-белых телевизоров при приеме цветных передач, то есть как выполняется второе условие совместимости (вопрос VI. 4). Для этого необходимо перейти от спектральных представлений к временным.

Действительно, модуляция электронного луча кинескопа синусоидальным колебанием вызывает появление помех на экране в виде мелкоструктурной сетки. В строке (включая обратный ход) при полустрочном сдвиге укладывается нечетное число полупериодов поднесущей, что приводит к изменению полярности поднесущей от строки к строке.

Например, после развертки 5-й строки при развертке 6-й строки данного кадра произойдет изменение фазы колебания на 180° (рис. VI. 13). Кроме того, при черезстрочной развертке, когда число строк нечетное, в начале следующего кадра также происходит изменение фазы колебания на 180°.

Следовательно, положительные полуволны этого колебания, соответствующие белому цвету в первом кадре (сплошные линии на рис. VI. 13), заменяются отрицательными, соответствующими черному во втором кадре (пунктирные линии на рис. VI. 13). В результате на телевизионном растре возникает правильная шахматная структура из темных и светлых точек, которые каждый кадр меняются местами. В итоге глаз наблюдателя будет усреднять (интегрировать) эти противофазные изменения яркости в каждой строке, в результате чего помеха на экране кинескопа становится малозаметной.

Таким образом, поднесущая, частота которой удовлетворяет соотно-

Рис. VI. 13. Способ уменьшения «заметности» помех от цветовой поднесущей

шению $f_ц = \left(n - \frac{1}{4}\right) \cdot F_{стр.} + \frac{1}{2} F_п$, обладает свойством, которое можно назвать автокомпенсацией, то есть изображение поднесущей как бы само себя компенсирует (временное усреднение).

К тому же благодаря равномерному шахматному распределению темных и светлых точек происходит пространственное усреднение, что также намного улучшает компенсацию. В результате заметность поднесущей с полустрочным сдвигом по сравнению с частотой поднесущей, кратной частоте строк, ослабляется примерно в 10 раз. Следовательно, второе условие совместимости будет выполнено. Однако полной компенсации препятствует нелинейность характеристик кинескопа и глаза, а также недостаточно высокая частота кадров.

Следует отметить, что частота мелькания такого ложного изображения «шахматного поля» ($f_{л. н.}$) оказывается намного меньше критической частоты мельканий ($f_{кр.}$), составляющей для крупных деталей около 50 Гц:

$$f_{л. и.} = \frac{F_к}{2} = \frac{25}{2} = 12{,}5 \text{ Гц} < f_{кр} = 48 \text{ Гц}.$$

Заметность мелькания зависит от размеров мелькающего объекта и она тем слабее, чем меньше размеры объекта. Поэтому для сведения заметности мелькания к минимуму спектры сигналов цветности помещаются как можно плотнее к верхней границе спектра яркостного сигнала (вопрос VI. 17).

При этом мелькающие ложные изображения R и B будут состоять только из мелких деталей, что резко снизит заметность мелькания. Но и в этом случае помеха в виде мерцающих мелких точек все же видна на экране и создает определенное неудобство для наблюдателя. Особенно заметна такая мелкоструктурная помеха от поднесущей, так как ее амплитуда существенно больше всех других составляющих сигнала цветности. Поэтому необходимо принимать специальные дополнительные меры. Достаточно, например, принудительно с помощью электронного коммутатора изменять фазу поднесущей в начале каждой строки (вопросы VII. 5 и VII. 21).

Поскольку в системе, принятой в нашей стране (см. главу VII), для передачи цветоразностных сигналов на поднесущей используется частотная модуляция, разработчикам системы пришлось по-иному, чем в американской и западногерманской системах, решать вопросы о совместимости с черно-белым телевидением. Так как при частотной модуляции происходит непрерывное качание поднесущей частоты и непрерывное изменение ее фазы (фаза колебаний зависит от передаваемых цветов и изменяется от строки к строке), метод частотной синхронизации (полустрочной сдвиг частоты поднесущей) неприменим (вопрос VI.18). Поднесущая в системе с частотной модуляцией создает на экране черно-белых телевизоров при приеме цветных программ мелкоструктурную сетку в виде беспорядочного точечного узора. Так как средняя частота немодулированных поднесущих кратна четному числу строк (вопрос VI. 18), то при передаче белого цвета она создает на экране черно-белого кинескопа неподвижное изображение в виде вертикальных полос (сетка).

Экспериментальные работы по изысканию способов уменьшения заметности колебаний поднесущей частоты показали, что хотя фаза поднесущей вдоль строки непрерывно изменяется, регулярная (то есть по определенному закону) коммутация фазы поднесущей по строкам и полям позволяет значительно уменьшить заметность поднесущей.

Многочисленные испытания показали, что наилучшие результаты получаются при периодическом изменении начальной фазы цветовой поднесу-

щей от строки к строке и от поля к полю. Изменение должно состоять в повороте фазы на 180° в каждом следующем поле:

0 — 0 — 0 — 180 — 180 — 180 — 0...— на нечетных полях;

180 — 180 — 180 — 0 — 0 — 0 — 180...— на четных полях и, кроме этого, производится изменение поднесущей на 180° в начале и конце каждой третьей строки:

0 — 0 — 180 — 0 — 0 — 180...— на нечетных полях;

180 — 180 — 0 — 180 — 180 — 0...— на четных полях.

При наличии указанного порядка коммутации фазы поднесущих яркостные помехи одного знака компенсируются (усредняются) яркостными помехами другого знака на ближайших строках за цикл, равный шести полям. Такое изменение фазы поднесущей осуществляется с помощью специального коммутатора (вопрос VII. 21). При такой коммутации фазы напряжения поднесущей в двух смежных кадрах оказываются противоположными и происходит компенсация помехи. Тем не менее компенсация сигналов цветности на экране не является полной и в системе с частотной модуляцией надо применять специальные дополнительные меры (вопрос VII. 5).

VI. 20. Как в системах цветного телевидения решается задача передачи двух цветоразностных сигналов на поднесущей частоте?

В совместимых системах цветного телевидения используют разные по частоте поднесущие и виды модуляции, что и является основным отличием одной системы от другой.

Для одновременной передачи двух цветоразностных сигналов предполагалось, например, использовать два поднесущих колебания с разными частотами между ними, каждое из которых модулируется одним из цветоразностных сигналов. Однако при одновременном использовании двух различных по частоте поднесущих колебаний между ними и их гармониками могут возникнуть биения, которые создадут помеху на выходе детектора приемника.

Явление биений возникает обычно при сложении двух колебаний с разными, но не кратными частотами, и заключается в периодическом изменении амплитуды результирующего колебания. Частоты обоих колебаний различны, и их фазы то «расходятся» и колебания ослабляют друг друга, то «сближаются» и колебания усиливаются. Амплитуды результирующих колебаний то убывали бы до минимума, то возрастали бы до максимума. Кроме того, в такой системе большая часть спектра сигнала яркости будет занята спектром сигналов цветности и на экранах телевизионных приемников появятся помехи от сигналов цветности в виде точечного рисунка. Число и интенсивность таких помех резко снижается, если для обоих сигналов цветности использовать только одну поднесущую. Как же практически может быть решена эта задача?

Одним из наиболее разработанных методов передачи информации о цветности с помощью одного поднесущего колебания является м е т о д к в а д р а т у р н о й м о д у л я ц и и двумя сигналами цветности, который применен в стандартных американской и западногерманской системах цветного телевидения.

Второй метод, применяемый в настоящее время в советско-французской системе цветного телевидения, заключается в том, что оба цветоразностных сигнала E'_{R-Y} и E'_{B-Y} передаются на одной частотно-модулированной поднесущей, но разделение их осуществляется не по фазе, а по времени. Это означает, что цветоразностные сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} можно передавать не одновременно, а поочередно: в течение одной строки — сигнал E'_{R-Y}, затем в течение времени развертки соседней строки — сигнал E'_{B-Y}, далее

опять E'_{R-Y} и т. д. При этом, естественно, теряется информация о точной окраске каждой строки.

Можно полагать, что две рядом расположенные строки окрашены примерно одинаково и «позаимствовать» информацию об окраске предыдущей строки, то есть если в данный момент передаются сигналы E'_Y и E'_{B-Y} не хватает сигнала E'_{R-Y}. Но мы «возьмем» его из предыдущей строки. Для этого необходимо сигнал цветности предыдущей строки задержать на длительность строки, то есть на 64 мкс. Подробнее об этом рассказано в вопросе VII. 21.

VI. 21. Как должна быть построена функциональная схема одновременной одноканальной совместимой системы цветного телевидения?

Эта схема, удовлетворяющая условиям совместимости (вопрос VI. 4), может быть построена по структурной схеме, приведенной на рис. VI. 14.

Световой поток F от передаваемой сцены (ПС) через объектив (О) направляется в цветоделительную систему (вопрос VI. 7). Далее цветоделенные потоки F_R, F_G, F_B попадают на мишени передающих трубок R, G, B, с которых снимаются напряжения цветоделенных сигналов E_R, E_G, E_B.

После прохождения гамма-коррекции, необходимой для компенсации нелинейной зависимости яркости свечения экрана кинескопа от управляющего напряжения (вопрос VI. 13), электрические сигналы цветоделенных изображений поступают на пересчетную матрицу (вопрос VI. 14).

В результате матрицирования, которое необходимо для сокращения полосы частот полного видеосигнала цветного телевидения, на выходе матрицы получаются яркостный сигнал E'_Y и два цветоразностных сигнала E'_{R-Y} и E'_{B-Y}, определяемые формулами:

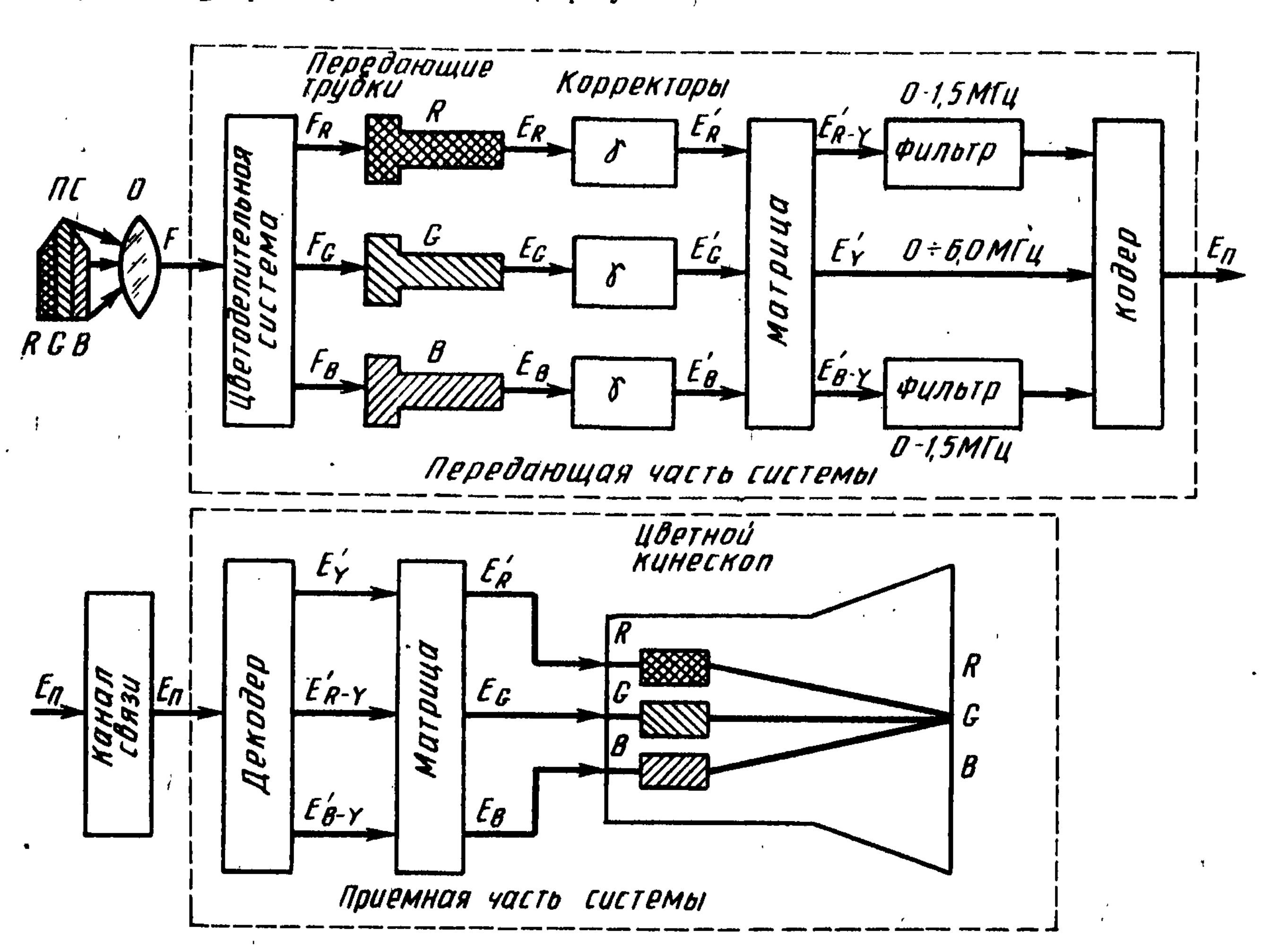


Рис. VI. 14. Структурная схема совместимой одновременной системы цветного телевидения

$$E'_Y = 0{,}299E'_R + 0{,}587E'_G + 0{,}114E'_B;$$
$$E'_{R-Y} = 0{,}701E'_R - 0{,}587E'_G - 0{,}114E'_B;$$
$$E'_{B-Y} = 0{,}299E'_R - 0{,}587E'_G + 0{,}886E'_B.$$

Ввиду ограниченной разрешающей способности цветового зрения (вопросы V.2 и V.6) цветоделенные сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} с помощью фильтров ограничиваются до диапазона частот 0—1,5 МГц и вместе с широкополосным яркостным сигналом 0—6,0 МГц подаются на кодирующее устройство (вопросы VI.5, VII.21).

В кодере цветоразностные сигналы одновременно модулируют по амплитуде и фазе колебания поднесущей частоты (цветовую поднесущую) или же поочередно (вопрос VII. 1). В результате модуляции создается сигнал цветности $E_ц$ на поднесущей частоте, который в кодере складывается с сигналом яркости E'_Y (полный сигнал цветного телевидения $E_п = E_ц + E'_Y$; вопрос VII. 19) и по каналу связи (этот канал такой же, как и в черно-белом телевидении) передается к телевизионному приемнику.

После усиления и ряда преобразований (эти блоки аналогичны обычному черно-белому телевизору и на схеме не показаны) сигнал $E_п$ поступает в декодирующее устройство, в котором происходит выделение сигнала цветности из спектра сигнала яркости.

В результате образуются два цветоразностных сигнала E'_{R-Y} и E'_{B-Y}, которые вместе с сигналом яркости E'_Y поступают на матричную схему. Здесь из сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} получают «зеленый» цветоразностный сигнал E'_{G-Y} (вопрос III.22) по формуле: $E'_{G-Y} = -0{,}510E'_{R-Y} - 0{,}195E'_{B-Y}$.

Добавляя здесь же к трем цветоразностным сигналам E'_{R-Y}, E'_{G-Y} и E'_{B-Y} сигнал яркости E'_Y на выходе матрицы получают три сигнала основных цветов E'_R, E'_G, E'_B в соответствии с формулами:

$$E'_{R-Y} + E'_Y = E'_R - E'_Y + E'_Y = E'_R;$$
$$E'_{G-Y} + E'_Y = E'_G - E'_Y + E'_Y = E'_G;$$
$$E'_{B-Y} + E'_Y = E'_B - E'_Y + E'_Y = E'_B.$$

Сигналы E'_R, E'_G, E'_B модулируют электронные пушки трехцветного кинескопа и в результате аддитивного смешения световых излучений люминофорных зерен экрана в сознании наблюдателя возникает ощущение цветного изображения (вопросы III. 39 и V. 8). Во многих схемах цветных телевизоров в качестве матричной схемы используются три электронные пушки кинескопа. В этом случае сигнал яркости подается на три его катода, а три цветоразностных сигнала — на три его управляющие сетки (вопрос III.. 41).

ГЛАВА VII

СОВЕТСКО-ФРАНЦУЗСКАЯ СИСТЕМА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ СЕКАМ

VII. 1. Каковы основные отличия системы СЕКАМ от других систем цветного телевидения?

Системы NTSC (США) и PAL (ФРГ) — одновременные, так как в каждый момент времени они передают все три сигнала — яркостный и два цветоразностных. Главной особенностью системы СЕКАМ является прежде всего то, что она последовательно-одновременная. Это означает, что постоянно передается только сигнал яркости, а в каждой строке — только

один сигнал цветности на поднесущей. В приемнике же этот сигнал используется в течение двух строк — в строке номер 2п поля непосредственно используется сигнал, переданный во время строки 2п, а в строке номер 2п + 1 поля сигнал строки номер 2п повторяется в приемнике с помощью линии задержки.

Например, в строке номер 6 передается сигнал E'_{R-Y} (вопрос VI.9). В приемнике в это время действуют два сигнала — передаваемый E'_{R-Y} и сигнал E'_{B-Y}, переданный во время развертки предыдущей строки номер 5 и задержанный в приемнике линией задержки (длительность задержки равна длительности одной строки H = 64 мкс). В строке номер 7 передается сигнал E'_{B-Y}, а в приемнике в это время действуют два сигнала — передаваемый E'_{B-Y} и сигнал E'_{R-Y}, переданный во время развертки строки номер 6. Этот принцип основывается на фундаментальном законе, сформулированном Анри де Франсом. По этому закону цветовое содержание двух соседних строк довольно идентично. Наличие в приемнике одновременно двух сигналов необходимо для получения из них третьего цветоразностного сигнала E'_{G-Y} (вопрос VI.10).

С целью устранения основного недостатка системы NTSC — искажений цветового тона, вызываемых нелинейностью частотных, фазовых и амплитудных характеристик узлов телевизионного тракта, было решено применить частотную модуляцию цветовой поднесущей (вопрос VII. 2), что сделало систему СЕКАМ малочувствительной к частотным и нелинейным искажениям в тракте передачи.

Таким образом, применение частотной модуляции и принципа последовательной передачи цветоразностных сигналов — основное отличие системы СЕКАМ-IIIБ (принята в СССР) от систем NTSC и PAL.

VII. 2. Почему в системе СЕКАМ применена частотная модуляция и какими преимуществами она обладает?

На первом этапе разработки системы СЕКАМ (1956—1957 гг.) сигналы цветности E'_{R-Y} и E'_{B-Y} передавали поочередно и использовалась амплитудная модуляция поднесущей частоты. Принципиально это возможно потому, что в любой момент времени передается только один сигнал (E'_{R-Y} или E'_{B-Y}). Применять квадратурную модуляцию, которая осуществляется в системах NTSC и PAL для одновременной передачи двух сигналов цветности, в системе СЕКАМ нельзя.

Однако при амплитудной модуляции поднесущей частоты сигналами цветности на экране черно-белого телевизора, принимавшего сигнал цветного телевидения, наблюдалась помеха в виде мешающих горизонтальных полос, перемещающихся снизу вверх. Для уменьшения помехи следовало уменьшать амплитуду сигнала поднесущей частоты. Однако при этом уменьшается и отношение сигнала к шуму, что делает систему недостаточно помехоустойчивой. В этой связи при дальнейших разработках система СЕКАМ была усовершенствована. В 1960—1961 гг. для передачи сигналов цветности применили частотную модуляцию, что привело к улучшению качественных показателей.

Преимуществами частотной модуляции сигнала поднесущей являются: меньшая по сравнению с амплитудной модуляцией чувствительность к помехам и шумам, малая чувствительность к нелинейности динамических характеристик каналов передачи сигналов, а также стабильность передачи на далекие расстояния. Эти преимущества объясняются постоянством уровня в каналах передачи, возможностью амплитудного ограничения перед демодуляцией, а также возможностью проведения частотной коррекции предыскажений, благоприятно влияющих на отношение сигнал/шум (вопросы VII. 10, VII. 11).

VII. 3. Какими основными параметрами характеризуется частотно-модулированный сигнал и каково их влияние на качество передачи (помехоустойчивость)?

Сигналы цветности осуществляют частотную модуляцию генератора поднесущих частот, причем его номинальная частота меняется от строки к строке, принимая попеременно значения $F_1 = 4{,}25$ МГц и $F_2 = 4{,}406$ МГц. В этом случае сигнал цветности характеризуется мгновенным значением поднесущей частоты, поэтому полный сигнал цветного телевидения можно записать: $E_п = E_Y + A\cos 2\pi(f_0 + kE_{цв}\Delta f)$,

где $E_п$ — мгновенное значение напряжения полного телевизионного сигнала;

E_Y — напряжение сигнала яркости;

$E_{цв}$ — напряжение видеосигнала цветности;

f_0 — среднее значение поднесущей частоты (то есть F_1 или F_2);

A — амплитуда поднесущей частоты;

k — коэффициент пропорциональности;

Δf — девиация частоты.

Основными параметрами, характеризующими частотно-модулированный сигнал, являются девиация частоты и индекс модуляции. Девиация частоты Δf определяется величиной отклонения мгновенной частоты генератора (F_1 или F_2) в зависимости от амплитуды низкочастотного сигнала цветности, подаваемого на него для модуляции. Индекс модуляции K показывает, во сколько раз девиация частоты больше верхней модулирующей частоты видеосигнала. Этот параметр частотно-модулированного сигнала характеризует помехоустойчивость.

Выигрыш в помехоустойчивости широкополосной частотной модуляции ($K > 1$) по сравнению с амплитудной модуляцией равен $\sqrt{3K}$. Полоса частот, занимаемая широкополосным частотномодулированным сигналом, определяется по формуле:

$$\Delta F = 2F_в \cdot (1 + K + \sqrt{K}),$$

где K — индекс модуляции;

$F_в$ — верхняя модулирующая частота низкочастотного сигнала цветности.

Для системы СЕКАМ $F_в = 1{,}4$ МГц, а девиация — примерно 250 кГц. При этом

$$K = \frac{\Delta f}{F_в} = \frac{0{,}25\ МГц}{1{,}4\ МГц} < 1.$$

Из расчета видно, что в системе СЕКАМ используется узкополосная частотная модуляция, а ширина полосы частот, занимаемой сигналом цветности, определяется, как и для случая амплитудной модуляции, то есть $2F_в = 2 \cdot 1{,}4 = 2{,}8$ МГц. Из этого следует, что помехоустойчивость системы СЕКАМ должна быть ниже помехоустойчивости других известных систем цветного телевидения, использующих для передачи сигналов цветности балансную модуляцию.

Для повышения помехоустойчивости системы СЕКАМ было бы желательно увеличить индекс модуляции, то есть использовать широкополосную частотную модуляцию. Однако в телевидении это сделать нельзя, так как увеличение девиации поднесущей частоты приведет к значительному расширению полосы частот канала цветности и к увеличению заметности помехи на экране черно-белого телевизора, то есть к ухудшению совместимости системы СЕКАМ (вопрос VI. 4).

Следует отметить, что использование частотной модуляции для передачи сигналов цветности в системе СЕКАМ улучшает качество цветного изображения. Здесь цветовая насыщенность в первом приближении опре-

деляется девиацией поднесущей частоты, то есть коэффициентом частотной модуляции (амплитудой цветоразностных сигналов), а цветовой тон — соотношением девиации поднесущих частот в сигналах цветности, передаваемых в двух соседних строках (соотношением амплитуд цветоразностных сигналов). Поскольку фазовые искажения, имеющие место в тракте передачи (например, через длинные линии связи, действующие в Советском Союзе), не влияют на девиацию частоты, то искажения цветового тона на изображении в приемнике системы СЕКАМ, принимающем цветной сигнал, не проявляются. Исключение из этого составляют участки изображения, соответствующие очень быстрым перепадам девиации — цветовые переходы.

VII. 4. Какие меры приняты в системе СЕКАМ-IIIБ для увеличения помехоустойчивости сигнала цветности?

Название «сигналы цветности», строго говоря, неверно, поскольку эти сигналы содержат не информацию о цветности, а о цветовых составляющих. Однако это название повсеместно используется в литературе. При этом «цветность» следует понимать не как колориметричиский параметр качества цвета (вопрос V. 5), а как понятие, противопоставляемое яркости.

В системе СЕКАМ-IIIБ для увеличения помехоустойчивости сигнала цветности приняты следующие меры.

1. Частотная модуляция цветовой поднесущей сигналами цветности (вопрос VII. 2).

2. Предыскажение видеосигнала цветности низкочастотные предыскажения, вопрос VII. 10).

3. Высокочастотные предыскажения на передающей стороне (использование характеристики «антиклеш» в кодирующем устройстве, вопрос VII. 11).

4. Использование фильтра с характеристикой типа «клеш» в приемном устройстве (вопрос III. 21).

5. Смещение поднесущих частот относительно центра характеристики «антиклеш» (вопрос VII. 12).

6. Оптимальный выбор амплитуды немодулированной поднесущей частоты сигнала цветности (вопрос VII. 8).

7. Введение поднесущих разных частот для передачи сигналов цветности (вопрос VI. 20).

8. Снижение цветовой четкости по вертикали (вопрос V. 6).

9. Дополнительная амплитудная модуляция в кодирующем устройстве (вопрос VII. 21).

VII. 5. Какие меры приняты в системе СЕКАМ-IIIБ для улучшения совместимости?

Для улучшения совместимости (вопрос VI. 4) приняты следующие меры.

1. Размещение поднесущей в высокочастотной части спектра яркостного канала (вопрос VI. 17).

2. Выбор точного значения частоты поднесущей (вопрос VI. 18).

3. Оптимальный выбор амплитуды немодулированной поднесущей частоты сигнала цветности (вопрос VI. 19).

4. Последовательная (построчная) передача цветоразностных сигналов (временное разделение передачи двух поднесущих различных частот для передачи сигналов цветности $Д'_R$ и $Д'_B$; вопросы VII. 1 и VII. 16).

5. Коммутация фазы поднесущей по строкам и полям (вопрос VI.19).

6. Уменьшение полосы частот сигналов цветности (вопрос VI.12).

7. Отсутствие в передаваемом сигнале зеленого цветоразностного сигнала (вопрос VI. 10).

8. Предыскажения на поднесущей частоте (вопрос VII. 11).

9. Модуляция поднесущей сигналами цветности $Д'_R$, $Д'_B$, а не сигналами E'_{R-Y}, E'_{B-Y} (вопрос VII.6).

10. Изменение полярности сигнала E_{R-Y} на противоположную (вопрос VII.7).

11. Оптимальный выбор направлений девиации в сигналах $Д'_R$ и $Д'_B$ (вопрос VII.15).

12. Увеличение девиации поднесущей в сигнале $Д'_R$ (вопрос VII.15).

13. Ограничение величины максимальной девиации частотномодулированных сигналов (вопрос VII. 15).

VII.6. Почему в системе СЕКАМ-IIIБ в качестве модулирующих используются не цветоразностные сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y}, а их преобразованные аналоги $Д'_R$ и $Д'_B$?

Это сделано для улучшения совместимости и помехоустойчивости системы. После низкочастотных предыскажений и усиления (вопрос VII. 10) на частотный модулятор поступают несколько видеоизмененные сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} которые принято обозначать $Д'_R$ и $Д'_B$. Эти сигналы формируются из сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} следующим образом:

$$Д'_R = k_R \cdot E'_{R-Y} = -1{,}9\ E'_{R-Y};$$
$$Д'_B = k_B \cdot E'_{B-Y} = +1{,}5\ E'_{B-Y}.$$

Для пояснения идеи повышения помехоустойчивости и улучшения совместимости при переходе от E'_{R-Y} и E'_{B-Y} к сигналам $Д'_R$ и $Д'_B$ определим экстремальные значения этих сигналов при передаче испытательного сигнала вертикальных цветных полос (рис. II. 18) с 75 %-ной амплитудной яркостью и 100 %-ной насыщенностью. Из табл. VII. 1 следует, что сигнал E'_{R-Y} имеет максимальное значение +0,526 (на красном цвете, когда $E'_R = 0{,}750$; $E'_G = E'_B = 0$; $E'_Y = 0{,}224$) и минимальное значение — 0,526 (на голубом цвете, когда $E'_R = 0$; $E'_G = E'_B = 0{,}750$; $E'_Y = 0{,}526$) а сигнал E'_{B-Y} имеет максимальное значение +0,664 (на синем цвете, когда $E'_R = E'_G = 0$; $E'_B = 0{,}750$; $E'_Y = 0{,}086$) и минимальное значение —0,664 (на желтом цвете, когда $E'_R = E'_G = 0{,}750$; $E'_B = 0$; $E'_Y = 0{,}664$).

Таким образом, экстремальные значения сигнала $E'_{R-Y} = \pm 0{,}526$ получаются при передаче «красной» строки испытательного сигнала цветных полос с 75%-ной яркостью и 100%-ной насыщенностью на красном и голубом цветах, а сигнала $E'_{B-Y} = \pm 0{,}664$ при передаче «синей» строки на синем и желтом цветах. Если сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} подать на частотный модулятор, то девиация частоты при передаче сигнала E'_{B-Y} будет больше, чем при передаче сигнала E'_{R-Y}.Введение коэффициентов k_R и k_B позволяет исправить это положение.

Коэффициенты k_R и k_B выбираются так, чтобы при передаче цветов с 75%-ной амплитудой и 100%-ной насыщенностью максимальные значения сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$ были равны единице и создавали номинальные величины девиации частоты (вопрос VII. 3).

Тогда $1 = 0{,}526 . k_R$ и $1 = 0{,}664 . k_B$; откуда $k_R = 1{,}9$; $k_B = 1{,}5$.

Действительно, с учетом коэффициентов k_R и k_B абсолютные экстремальные значения передаваемых сигналов оказываются равными:

$$Д'_R = k_R E'_{R-Y} = 1{,}9 \cdot 0{,}526 = 1{,}0;$$
$$Д'_B = k_B E'_{B-Y} = 1{,}5 \cdot 0{,}664 = 1{,}0.$$

Перед коэффициентом k_R вводится знак минус, что означает изменение полярности сигнала E'_{R-Y} на противоположную (вопрос VII. 7). Поэтому

Таблица VII.1

Номинальные значения основных параметров испытательного сигнала вертикальных цветных полос 75 %-ной яркости и 100 %-ной насыщенности

Цвет полосы	Видеосигналы											
	Размах в относительных единицах								Размах, мВ			
	E'_R	E'_G	E'_B	E'_Y	E'_{R-Y}	E'_{B-Y}	$Д'_R$	$Д'_B$	E'_R	E'_G	E'_B	E'_Y
Белый	1,00	1,00	1,00	1,00	0	0	0	0	700	700	700	700
Желтый	0,750	0,750	0	0,664	0,086	—0,664	—0,163	—1,000	525	525	0	465
Голубой	0	0,750	0,750	0,526	—0,526	0,224	1,00	0,338	0	525	525	368
Зеленый	0	0,750	0	0,440	—0,440	—0,440	0,837	—0,662	0	525	0	308
Пурпурный	0,750	0	0,750	0,310	0,440	0,440	—0,837	0,662	525	0	525	217
Красный	0,750	0	0	0,224	0,526	—0,224	—1,000	—0,338	525	0	0	157
Синий	0	0	0,750	0,086	—0,086	0,664	0,163	1,00	0	0	525	60
Черный	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

на самом деле передаются видоизмененные сигналы $Д'_R$ и $Д'_B$. Они имеют диапазон изменения ±1 В и выражаются следующими уравнениями:

$$Д'_R = -1{,}9\ E'_{R-Y};\ Д'_B = +1{,}5\ E'_{B-Y}.$$

VII. 7. Почему для цветоразностного сигнала E'_{R-Y} выбрана отрицательная полярность, в то время как сигнал E'_{B-Y} передается в положительной полярности?

Цветоразностные сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y}, снимаемые с матричной схемы (вопрос VI. 14), имеют положительную полярность. Статистические исследования показали, что для большинства сюжетов преобладают положительные значения сигнала E'_{R-Y} и отрицательные E'_{B-Y}. При наличии частотной модуляции это приводит к тому, что отклонение поднесущей по частоте от номинального значения будет при передаче сигнала E'_{R-Y}, в основном, в сторону увеличения, а при передаче E'_{B-Y} — в сторону уменьшения.

Изменение полярности E'_{R-Y} на отрицательную приводит к тому, что при передаче сигнала E'_{R-Y}, так и E'_{B-Y} будет преобладать отрицательная девиация частоты. Для этого сигнал E'_{R-Y} с выхода матрицы подается на фазоинверсный каскад. Поэтому иногда говорят, что «красный» сигнал передается в виде E'_{Y-R} (а не E'_{R-Y}).

Такая мера повышает устойчивость системы СЕКАМ к ограничению верхней полосы передаваемых частот, которая иногда возникает в каналах связи.

При прохождении в приемнике сигналов E'_{Y-R} и E'_{B-Y} через один и тот же частотный детектор, частотно-модулированные сигналы E'_{Y-R} дадут видеосигнал отрицательной полярности, а сигнал E'_{B-Y} — положительной полярности. На самом деле этого не происходит, так как в телевизоре сигналы E'_{Y-R} и E'_{B-Y} проходят через частотные детекторы, имеющие противоположные наклоны характеристик, что приводит к восстановлению сигнала E'_{R-Y} (вопрос III. 21; рис. III. 28).

Важно отметить, что при такой «разнополярной» передаче (построчно изменяется закон частотной модуляции) сигналов цветности для двух соседних строк получаемые при частотной модуляции сигналы близки между собой. Особенно уменьшается разнояркость двух соседних строк в изображении при передаче ненасыщенных цветов, имеющих небольшую яркость, так как амплитуда поднесущей частоты в двух соседних строках примерно одинакова. Для того чтобы они вызывали взаимно компенсирующие сетки на экране черно-белого телевизора, на передатчике (в кодере) производится построчная коммутация фазы поднесущих (вопрос VI. 19). Благодаря этому в двух соседних строках рядом размещаются темные и светлые участки сетки, что создает эффект уменьшения заметности сигналов цветности. Кроме того, от кадра к кадру меняются местами белые и черные штрихи сетки от поднесущих, что улучшает совместимость.

VII. 8. Какая должна быть оптимальная амплитуда цветовой поднесущей по сравнению с амплитудой яркостного сигнала для улучшения совместимости и помехоустойчивости?

С точки зрения увеличения помехоустойчивости системы СЕКАМ амплитуду сигнала поднесущей частоты надо выбирать большей, а с точки зрения улучшения совместимости — меньшей. Проведенные исследования позволили установить компромисс между перечисленными выше двумя требованиями.

С этой целью размах сигнала немодулированной цветовой поднесущей на частоте минимума кривой высокочастотного предыскажения (рис. VII. 4) должен составлять 23% ± 2,5% от размаха яркостного сигнала от уровня

Таблица VII.2

Номинальные значения основных параметров испытательного сигнала цветных полос 75 %-ной яркости

Цвет полосы	Сигналы цветности							
	$Д'_R$				$Д'_B$			
	Размах		Девиация, кГц	Частота, кГц	Размах		Девиация, кГц	Частота, кГц
	относительные единицы	мВ			относительные единицы	мВ		
Белый	0,3065	214	0	4406	0,2382	167	0	4250
Желтый	0,2624	183	—46	4360	0,5182	363	—230	4020
Голубой	0,6798	476	280	4686	0,2407	169	78	4328
Зеленый	0,6167	432	234	4640	0,4004	280	—152	4098
Пурпурный	0,3030	212	—234	4172	0,3022	211	152	4402
Красный	0,3604	252	—280	4126	0,3027	212	—78	4172
Синий	0,3605	252	46	4452	0,3964	277	230	4480
Черный	0,3065	214	0	4406	0,2382	167	0	4250

гашения до уровня белого, который прянят за 100% (то есть 160 мВ при $E'_Y = 700$ мВ).

После предыскажения сигнала цветовой поднесущей в соответствии с кривой «антиклеш» при размахе сигнала яркости 700 мВ размах сигнала поднесущей во время строчного гасящего интервала в строке с сигналом $Д'_R$ — соответственно 214 мВ ± 20 мВ, а в строке с сигналом $Д'_B$ — 167 мВ ± 16 мВ (табл. VII. 2).

VII. 9. Что представляет собой сигнал цветности в системе СЕКАМ-IIIБ? Сигнал цветности представляет собой две поднесущие частоты, промодулированные по частоте двумя цветоразностными сигналами $Д'_R$ и $Д'_B$ чередующимися от строки к строке (вопрос VII. 1). Частоты покоя (при отсутствии модуляции) двух поднесущих частот сигналов цветности для строк с сигналом $Д'_B$ равны:

$$f_{01} = 272\ F_{стр} = 4{,}25\ МГц$$

и для строк с сигналом $Д'_R$:

$$f_{02} = 282\ F_{стр} = 4{,}406\ МГц,$$

где $F_{стр} = 15625$ Гц (частота строк).

Частоты f_{01} и f_{02} выбираются кратными четной гармонике строчной частоты, чтобы облегчить синхронизацию генератора поднесущей с целью установки его частоты и фазы.

Таким образом, сигналы цветности $Д'_R$ и $Д'_B$ передаются последовательно строка за строкой на двух поднесущих, номинальные частоты которых для строки с сигналом $Д'_B$ составляют 4,25 МГц, а для строки с сигналом $Д'_R$ — 4,406 МГц. Точность значений этих частот должна поддерживаться в пределах ±2 кГц.

VII. 10. Что такое низкочастотные предыскажения?

Так называются предыскажения цветоразностных видеосигналов $Д'_R$, $Д'_B$ совместно с видеосигналом цветовой синхронизации $E_{цс}$ (вопрос VII.18).

Известно, что энергия высокочастотных составляющих спектра модулирующего сигнала значительно меньше энергии низкочастотных составляющих. Это позволяет на передающей стороне увеличить амплитуды высокочастотных составляющих модулирующего сигнала. Такая мера позволяет увеличить отношение сигнала к шуму (помехоустойчивость) на верхних модулирующих частотах в случае использования частотной модуляции для передачи сигнала цветности, улучшить качество цветного изображения и совместимость в системе СЕКАМ.

Математически закон низкочастотных предыскажений выражается зависимостью:

$$A_{нч}(f) = \frac{1 + J\frac{f}{f_1}}{1 + J\frac{f}{kf_1}},$$

где $A_{нч}(f)$ — комплексный относительный коэффициент передачи напряжения устройства низкочастотных предыскажений;

$k = 3$ (коэффициент передачи напряжения на низких частотах);

f — текущая частота, кГц;

$$f_1 = \frac{1}{2\pi RC} = 85\ кГц,\ где\ \tau = RC = 1{,}87\ мкс.$$

Пример цепи, выполняющей такую коррекцию, показан на рис. VII. 1,а, на рис. VII. 1,в показана амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) этой цепи. Наибольший подъем АЧХ имеет место

на частоте 800 кГц (9,2 дБ). Правый склон АЧХ (на частотах выше 800 кГц) создан фильтром низких частот. Отклонения от номинальной формы АЧХ не должны превышать ± 0,5 дБ в диапазоне частот 0,1—0,5 МГц и ± 1 дБ в диапазоне частот 0,5—1,3 МГц. Затухание на частоте 1,3 МГц не должно превышать 3 дБ, на частоте 3 МГц и выше должно быть не менее 30 дБ, на частоте 3,8 МГц и выше — не менее 40 дБ.

После интегрирования по всей полосе видеочастот сигнала цветности выигрыш за счет цепи предыскажения получается примерно 9 дБ. При этом за счет предыскажений девиация при передачи верхних частот видеосигнала увеличивается в 3 раза, что приводит, в свою очередь, к расширению полосы частот ЧМ сигнала цветности. Чтобы не происходило превышения величины предельной девиации, амплитудные выбросы, обусловленные предыскажениями видеосигнала цветности, частично срезаются ограничителем (рис. VII.1, г, д). Из-за этого на передающей стороне теряется часть высокочастотных составляющих сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$, которые не восстанавливаются на приемной стороне.

В результате после демодуляции импульсы сигнала цветных полос имеют увеличенный фронт, что проявляется в виде характерного для системы СЕКАМ искажения изображения цвета вертикальных границ цветных полос («размытость» вертикальных переходов).

При уменьшении насыщенности и яркости цветов эти искажения быстро уменьшаются. Поэтому практически они наблюдаются только на изображениях, искусственно созданных электронными методами и имеющих резкие скачки уровней. Оптимальные предыскажения по видеочастоте были установлены путем компромисса между улучшением помехоустойчивости и качеством воспроизведения цветовых переходов.

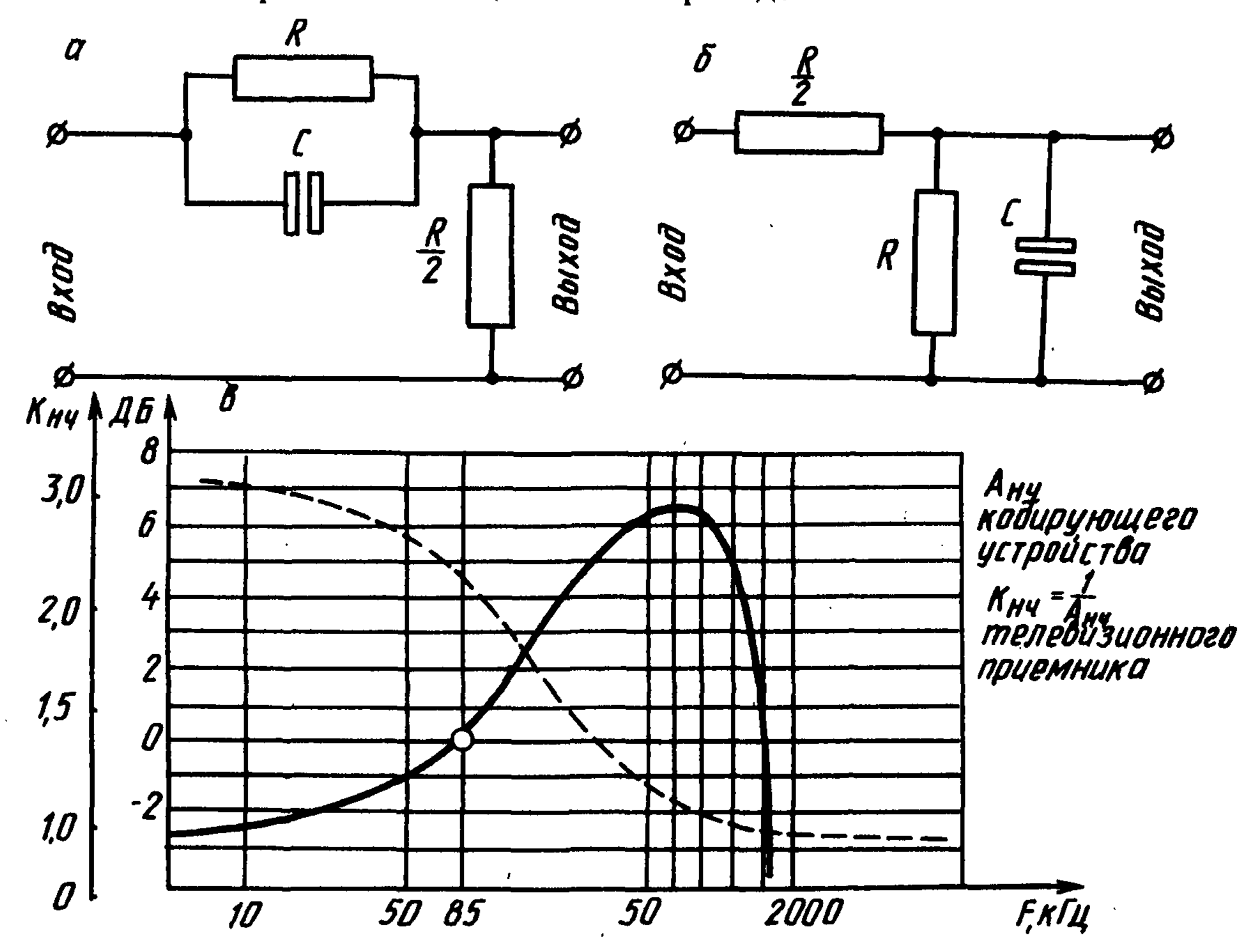


Рис. VII.1. Характеристика низкочастотных предыскажений цветоразностных видеосигналов:

а — цепь, выполняющая НЧ-предыскажения; *б* — цепь коррекции НЧ-предыскажений; *в* — АЧХ НЧ-предыскажений; *г*, *д* — видеосигналы $Д'_R$ и $Д'_B$ после НЧ-предыскажений

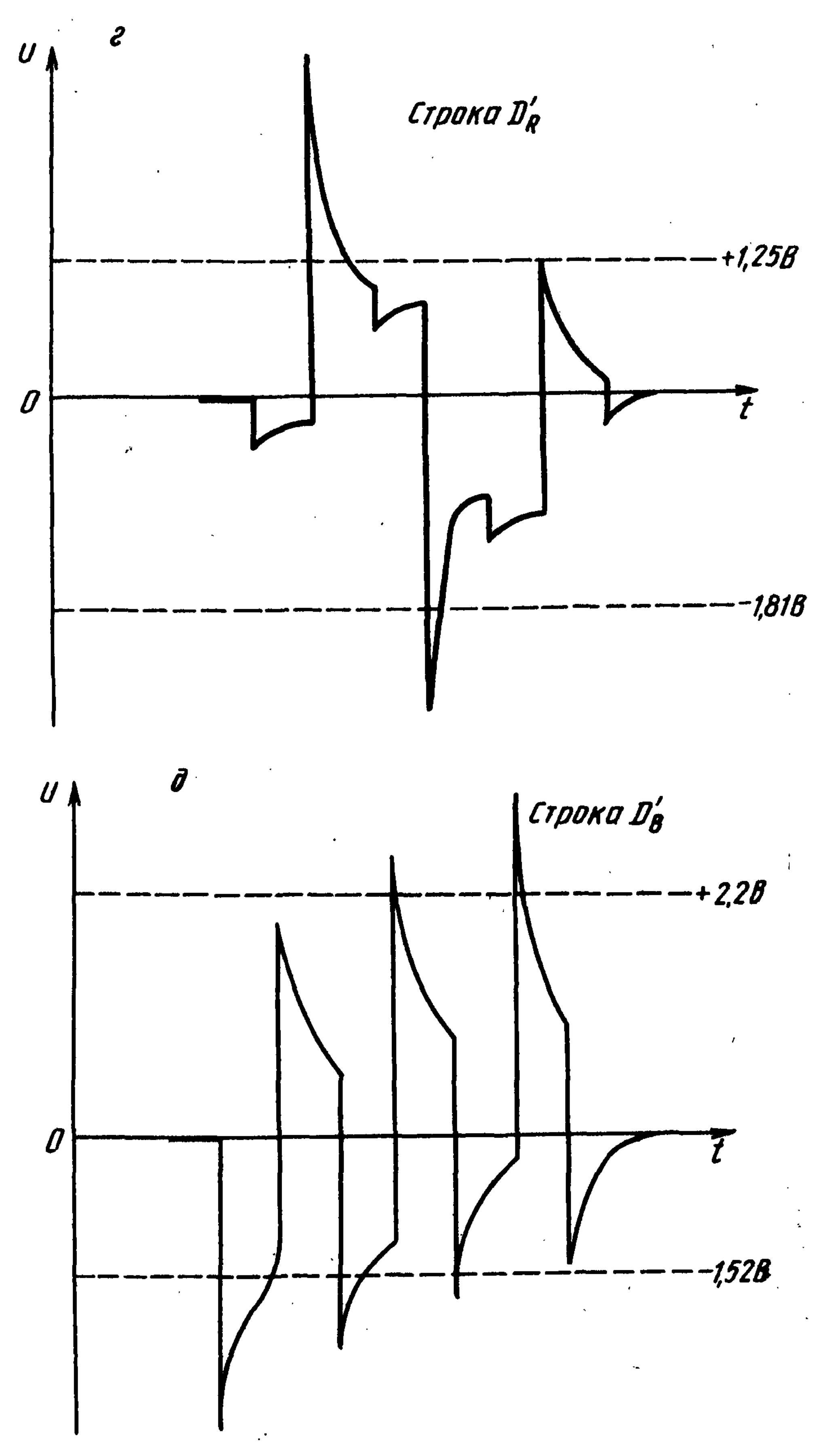


Рис. VII.1. Окончание

На приемной стороне производится коррекция этих предыскажений путем пропускания сигналов, получаемых на выходах частотных детекторов (вопрос III. 21), через цепи с соответствующим ослаблением верхних частот (рис. VII.1., б). Применяемая в приемнике схема коррекции низкочастотных предыскажений видеосигнала восстанавливает нор-

мальное отношение амплитуд его высокочастотных и низкочастотных составляющих.

Такая низкочастотная коррекция аналогична стандартным предыскажениям в частотно-модулированном сигнале при радиовещании на УКВ и в канале звукового сопровождения телевизионного приемника. Предкоррекция не вызывает увеличения индекса модуляции, а только выравнивает величину девиации по спектру (вопрос VII.3).

VII. 11. Что такое высокочастотные предыскажения?

Сигналу системы СЕКАМ, как и всякому частотно-модулированному сигналу, присущ пороговый эффект чувствительности к шумам. Ниже этого порога, равного 18—20 дБ, наступает резкое снижение помехоустойчивости, большее, чем при амплитудной модуляции (используемой в других системах). Положение усугубляется низким индексом девиации частоты (вопрос VII.3) и малым размахом сигнала.

Как известно из теории частотной модуляции, влияние помех при применении ЧМ тем меньше, чем выше индекс модуляции. В системе СЕКАМ применение большой девиации невозможно, так как это приводит к недопустимому расширению спектра цветовых сигналов и тем самым к ухудшению совместимости. Поэтому необходимо добиться улучшения помехоустойчивости без увеличения индекса модуляции. С этой целью сигналы цветности в процессе передачи подвергаются сложной обработке.

Чтобы облегчить уяснение этого вопроса, необходимо вспомнить, как зависит плотность шумов на выходе частотного дискриминатора от частоты. На рис. VII.2 показана зависимость относительного уровня помехи $U_{пом}/U_{сигн.}$ на выходе детектора приемников амплитудно-модулированных (АМ) и частотно-модулированных (ЧМ) сигналов от разности частот $f_{сигн.} - f_{пом}$.

Как видно из рисунка, при приеме АМ сигналов относительный уровень помехи не зависит от $F = f_{сигн.} - f_{пом}$.

При приеме ЧМ сигналов уровень помехи на выходе частотного детектора тем больше, чем больше F (то есть разница между частотами сигнала и помехи). Если частота помехи точно равна частоте поднесущей, то, как видно из рисунка, уровень помехи на выходе частотного детектора равен нулю. По мере отклонения частоты поднесущей под воздействием модулирующих сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$ уровень помехи увеличивается.

На основе этого вывода можно наметить следующий путь подавления шумов: поднять на передающей стороне высокочастотные составляющие цветоразностных сигналов с тем, чтобы впоследствии скомпенсировать эти предыскажения в приемнике путем соответствующего подбора частотных характеристик усилителей цветоразностных сигналов. Таким образом,— действие этой коррекции заключается в некотором увеличении амплитуд боковых колебаний поднесущей относительно колебания самой

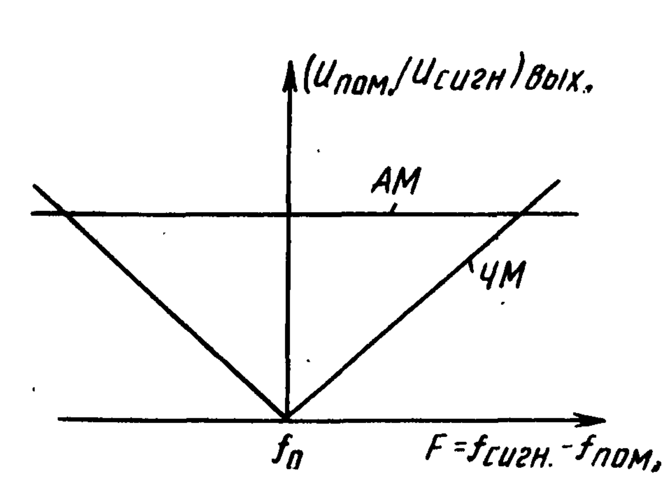
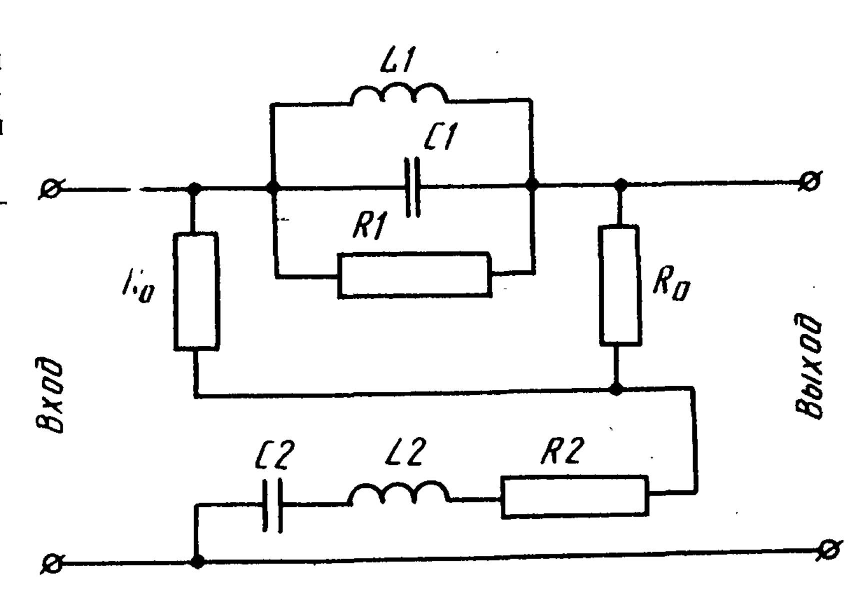


Рис. VII. 2. Зависимость относительного уровня помех на выходе детектора приемников АМ и ЧМ-сигналов от разности частот $f_{сигн}$ и $f_{помех}$

Рис. VII.3. Принципиальная схема устройства высокочастотных предыскажений (контур «антиклеш»)



поднесущей по мере роста ее частотного отклонения от центрального значения f_0.

Сигнал цветности, получаемый в результате частотной модуляции поднесущей, имеет неизменную амплитуду во всем диапазоне девиации. Чтобы сделать амплитуду сигнала цветности зависимой от частоты, необходимо этот сигнал пропустить через специальный контур высокочастотного предыскажения сигнала цветности на поднесущей, настроенной на частоту $f_0 = 4286$ кГц.

На рис. VII.3 показана схема устройства высокочастотных предыскажений. Элементы схемы имеют следующие примерные значения: L1 = 20 мкГн; C1 = 660 пФ; R1 = 870 Ом; L2 = 3,7 мкГн; C2 = 350 пФ; R2 = 6,5 Ом; $R_0 = 75$ Ом.

Математически закон высокочастотных предыскажений выражается зависимостью:

$$A_{вч}(f) = \frac{1 + jK_1F}{1 - jK_2F},$$

где $A_{вч}(f)$ — относительный комплексный коэффициент передачи напряжения устройства высокочастотных предыскажений;

$$K_1 = 16;\ K_2 = 1{,}26;$$

F — относительная расстройка.

$$F = \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f},$$

где $f_0 = 4{,}286$ МГц ± 20 кГц — частота, соответствующая минимуму характеристики цепи предыскажения;

f — текущая частота.

Оба выражения представляют собой приближенно функцию, обратную амплитудно-частотной характеристике одиночного контура с добротностью Q = 16 и частотой параллельного резонанса f_0.

На рис. VII.4 показана амплитудно-частотная характеристика фильтра высокочастотных предыскажений. Эта характеристика, имеющая форму перевернутого колокола, называется «антиклеш*». Отклонения от приведенной кривой, кроме f_0, не должны превышать ±0,5 дБ. Цепь «антиклеша» включается после частотного модулятора.

Таким образом, введение предыскажений не вносит искажений, но позволяет уменьшить уровень сигнала цветовой поднесущей при сохранении эффективной защиты от шумов в канале цветности, обеспечивая

* Cloche (франц.) — колокол.

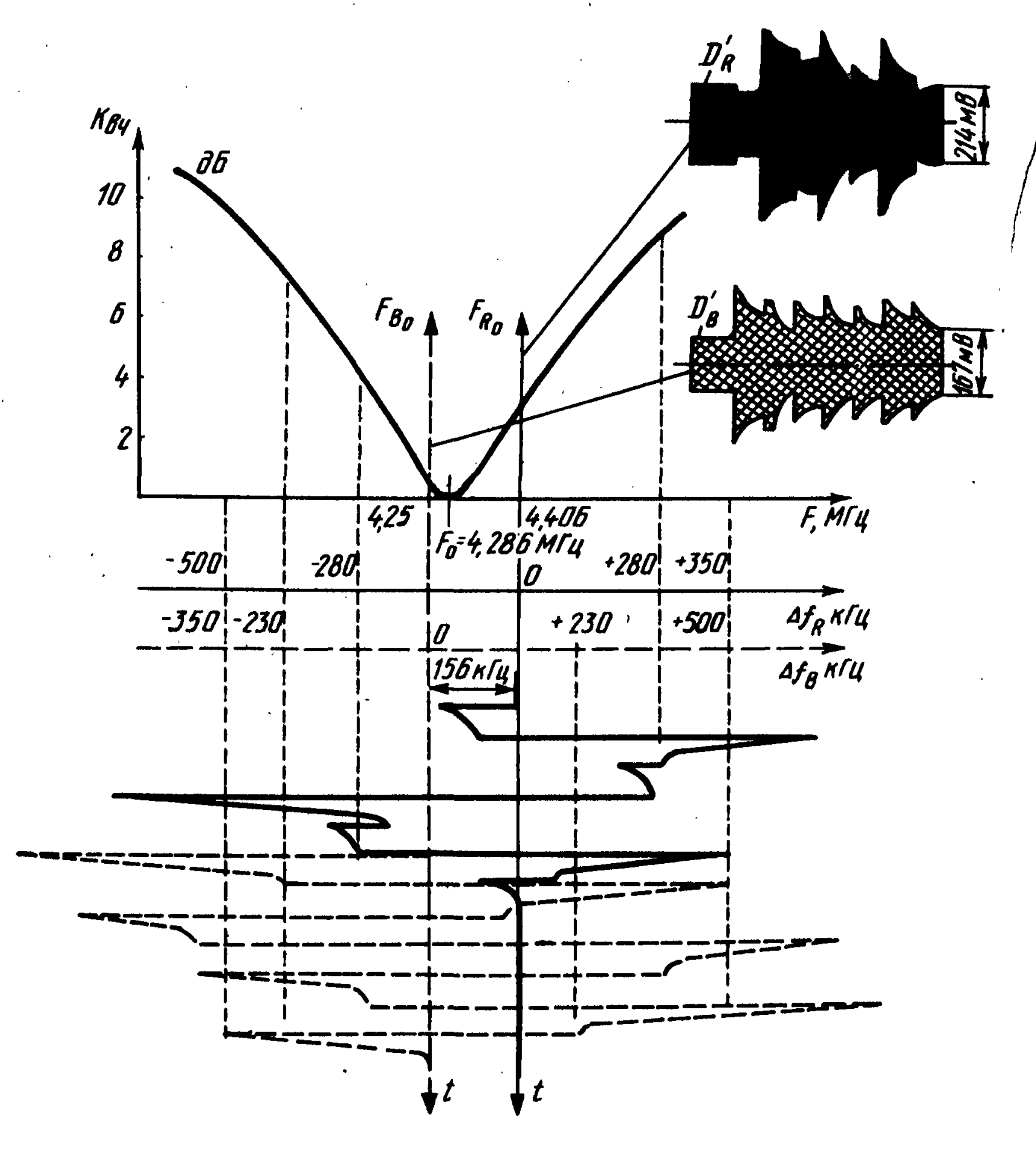


Рис. VII. 4. Амплитудно-частотная характеристика высокочастотных предыскажений («антиклеш»)

удовлетворительный компромисс между помехоустойчивостью и совместимостью.

Улучшение совместимости системы происходит благодаря уменьшению заметности поднесущей при передаче черно-белых деталей изображения, а также деталей, имеющих малую насыщенность. В этом случае сигналы $Д'_R$ и $Д'_B$ близки к нулю, девиация частоты минимальна и вся энергия модулированных сигналов цветности приходится на минимум кривой высокочастотных предыскажений (рис. VII.4).

При передаче насыщенных цветов амплитуда сигнала цветности возрастает почти в два раза, а при максимальных значениях девиации частоты — почти в три раза (табл. VII.2).

Для компенсации искажений сигнала, вызванных цепью «антиклеш», в приемнике сигнал перед поступлением на дискриминатор (вопрос III. 17) проходит через соответствующую цепь — «клеш», имеющую характеристику, обратную цепи «антиклеша». В результате восстанавливается первоначальная форма модулированного сигнала при условии, если общая амплитудно-частотная характеристика равномерна. На

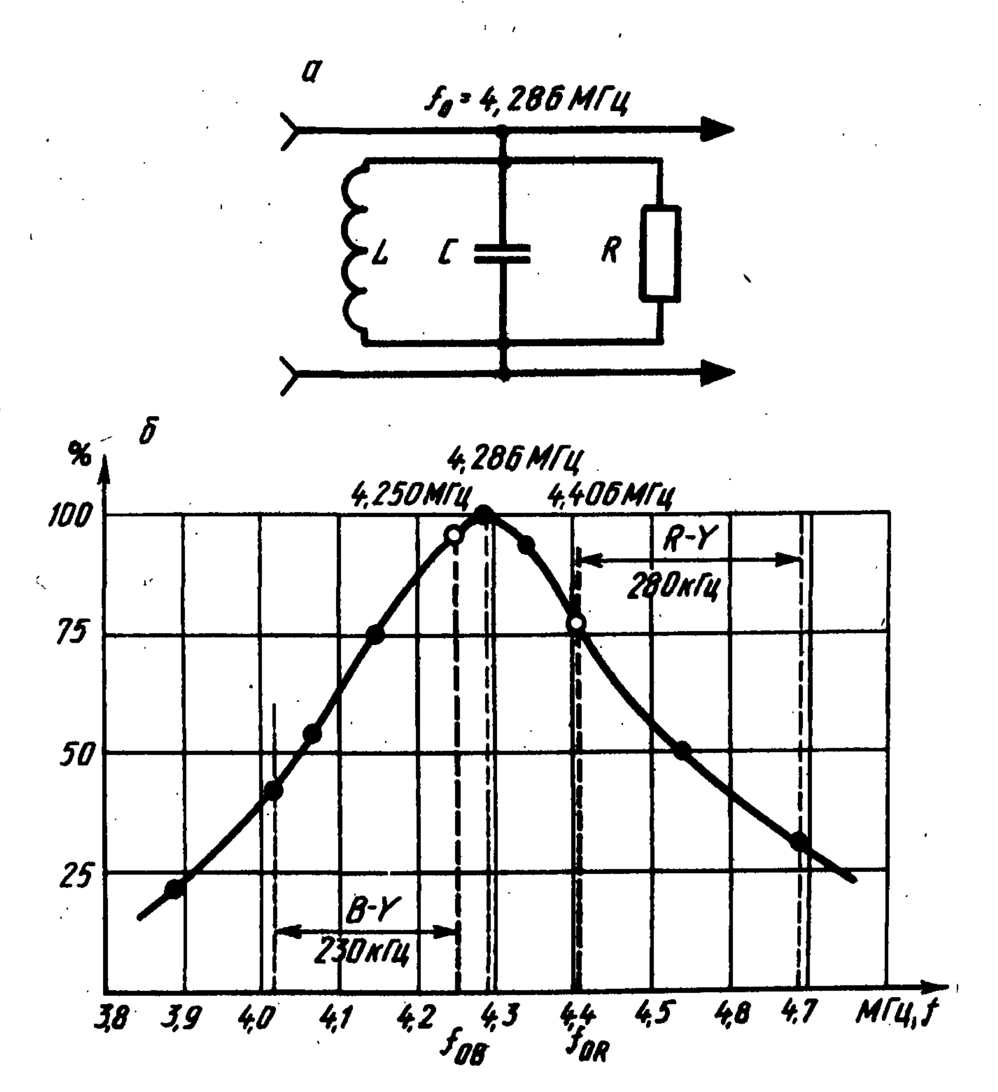


Рис. VII. 5. Коррекция высокочастотных предыскажений:

а — электрическая схема корректора с применением резонансного контура с добротностью Q = 16 (контур «клеш»); *б* — АХЧ контура коррекции ВЧ-предыскажений

Рис. III.19 приведена схема контура 2Ф1, применяемая для компенсации (коррекции) высокочастотных предыскажений, а на рис. VII.5— схема и АЧХ контура «клеш». Цепь «клеш», действуя аналогично низкочастотной коррекции, в семь раз ослабляет высокочастотные составляющие шума.

VII. 12. Как выбирали оптимальную величину смещения поднесущих частот относительно центра кривой «клеш»?

Для определения возможной величины смещения поднесущей частоты допустим, что сигнал модулирует по частоте поднесущую $f_П$, смещенную на $\Delta f = 100$ кГц от центра характеристики «клеш» с частотой на резонансе $f_р$. Частотная характеристика «клеш» модулирует по амплитуде частоты шума, которые располагаются в области боковых частот $(f_п - F)$ и $(f_п + F)$.

Допустим, что N_1 и N_2— коэффициенты уменьшения шума, вносимые кривой «клеш» на этих боковых частотах. Мощности шума на этих боковых частотах будут P_1 и P_2, тогда $N_1 = 10 \lg P_1, N_2 = 10 \lg P_2$. Средний коэффициент уменьшения мощности на двух боковых.

$$N_{СР} = 10 \lg \frac{P_1 + P_2}{2}.$$

Рассмотрим увеличение отношения сигнала к шуму при смещенн поднесущей частоте на примере рис. VII.6. Пусть $\Delta f = 100$ к $F = 300$ кГц; по кривой «клеш» определяем $N_1 = -5$ дБ (на час

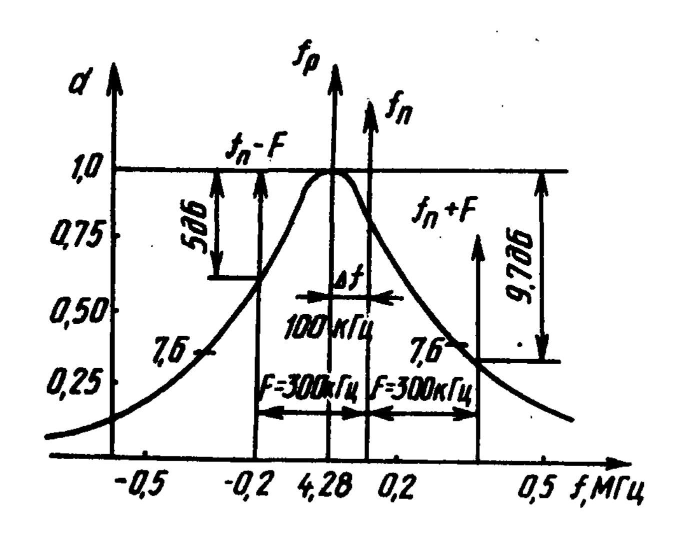


Рис. VII. 6. Определение возможной величины смещения поднесущей частоты

$f_п - F$); $N_2 = -9{,}7$ дБ (на частоте $f_п + F$). Отсюда $P_1 = 0{,}32$; $P_2 = 0{,}108$ или $P_{ср} = (0{,}32 + 0{,}108) : 2 = 0{,}214$, то есть $N_{ср} = -6{,}7$ дБ. Если бы поднесущая частота $f_п$ была равна $f_р$, то $P_1 = P_2$ и $N_1 = N_2 = -7{,}6$ дБ, то есть $N_{ср} = -7{,}6$ дБ; $P_{ср} = 0{,}223$. Таким образом, при смещении поднесущей на 100 кГц относительно центра кривой «клеш» имеет место выигрыш в отношении сигнал/шум примерно на 1 дБ.

Если теперь провести аналогичные вычисления для других частот $F_в$, принимая каждый раз различное смещение поднесущей частоты (100 кГц, 200 кГц, 350 кГц), то можно получить результаты, которые приведены в виде кривых на рис. VII. 7. Графики на этом рисунке показывают зависимость ослабления плотности шума в полосе видеочастот цветности от различных смещений (после обратной коррекции по видео, вопрос VII. 11).

Из рис. VII. 7 видно, что по мере увеличения смещения поднесущих относительно центра кривой «клеш» ухудшается ослабление шума для низких частот $F_в$. По этой причине не рекомендуется смещать поднесущую частоту от центра кривой «клеш» более чем на 200 кГц. Наилучшим результатом выбора смещения поднесущих относительно центра кривой «клеш», полученным на основе проведенных экспериментов, были следующие: для строки с сигналом $Д_R'$ — +120 кГц, для строки с сигналом $Д_B'$ — минус 36 кГц относительно центра кривой «клеш» на частоте 4,286 кГц.

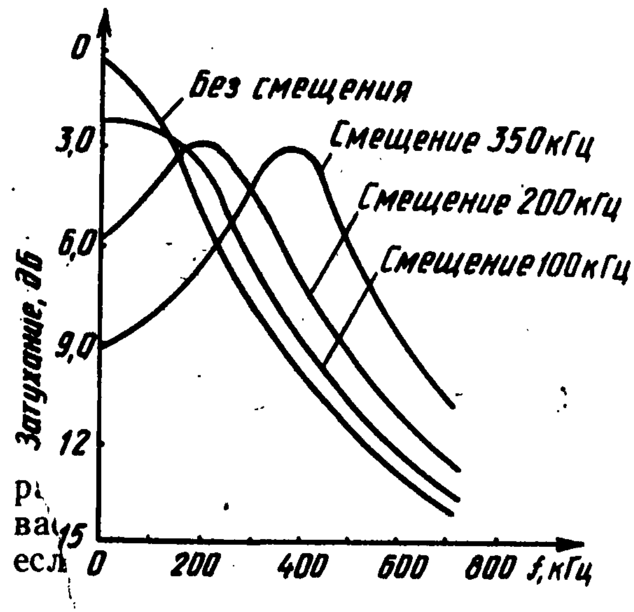


Рис. VII. 7. График зависимости ослабления плотности шума в полосе видеочастот цветности от различных смещений поднесущих относительно центра кривой «клеш»

VII. 13. Как зрительно воспринимается шум на изображениях различных цветов?

Известно, что зрительное восприятие шума различно на различных цветах в изображении. Наибольшее воздействие шум оказывает на красный и розовые цвета. Кроме этого, зрительное восприятие шума зависит и от уровня яркости передаваемого изображения, причем на площадях с большой яркостью шум менее заметен (белый и желтый цвета). С уменьшением уровня яркости шум в изображении становится более заметным. Все остальные участки в изображении более чувствительны к шуму, за исключением участков с очень малым уровнем яркости (синяя и черная полосы). Таким образом, на голубой, зеленой, пурпурной и красной цветных полосах зрительное восприятие шума наибольшее.

VII. 14. Какие меры приняты для уменьшения заметности шума на красном и некоторых других цветах?

Для увеличения отношения сигнал/шум на этих цветах в изображении используется способ смещения поднесущих частот относительно центра кривой «клеш» (вопрос VII. 12) так, чтобы частоты, соответствующие передаче красного и пурпурного цветов, в изображении располагались под максимумом кривой «клеш»?

На рис. VII. 8 показано расположение сигналов, образующих цветные полосы на экране (сигнал ГЦП, вопрос II. 9) на кривой «клеш» для строк с сигналами $Д'_R$ и $Д'_B$ соответственно. Как видно из рисунка, девиации частот, которые образуют на выходе демодулятора положительный сигнал (для строки с сигналом $Д'_R$ — сигнал желтого, красного, пурпурного цветов) направлены в сторону максимума характеристики контура «клеш», то есть в область, где отношение сигнала к шуму увеличено. Для других цветов отношение сигнала к шуму несколько ухудшается.

Таким образом, благодаря выбранному экспериментальным путем смещению поднесущих частот покоя относительно центра кривой «клеш» происходит некоторое перераспределение шума на цветах в изображении и уменьшение его, где зрительное восприятие шума наибольшее (красный и синий цвета). Этим обстоятельством, в частности, и объясняется выбор сигнала $Д'_R = -1{,}9E'_{R-Y}$ и $Д'_B = +1{,}5E'_{B-Y}$) вопрос VII. 6). Кроме того, искажения типа «дифференциальная фаза» (вопрос VII. 23) в этом случае оказывают меньшее влияние на качество

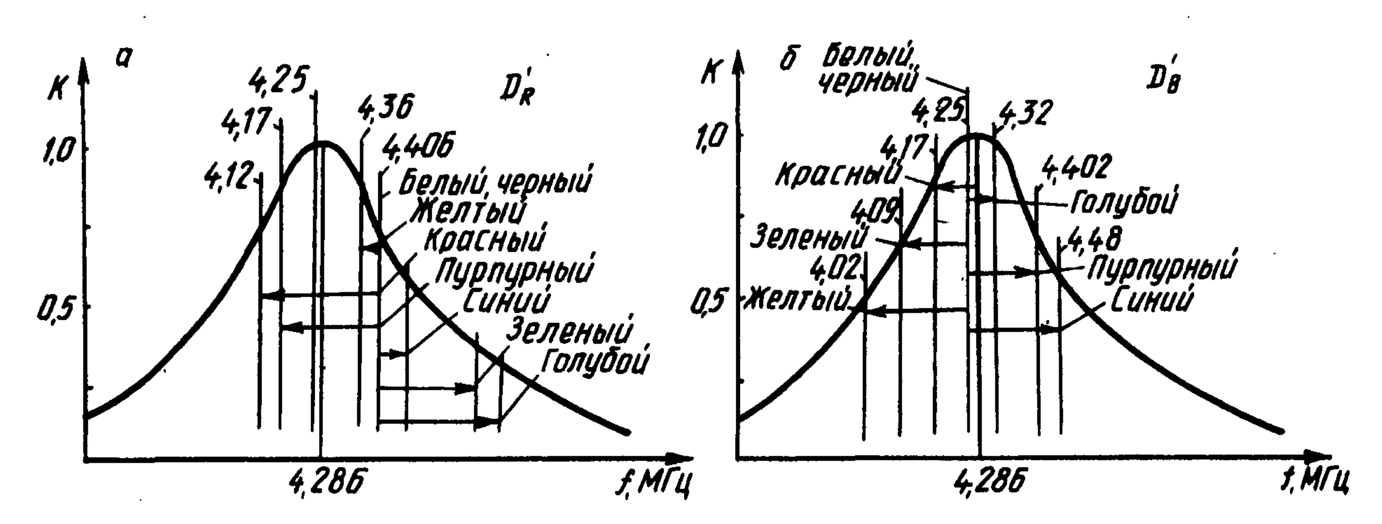


Рис. VII. 8. Расположение сигналов цветных полос на кривой «клеш»:
а — для строк с сигналами $Д'_R$; *б* — для строк с сигналами $Д'_B$.

цветного изображения, чем в случае если бы сигналы $Д'_R$ и $Д'_B$ были одного знака.

VII. 15. Почему девиация поднесущей частоты в красной строке выбрана большей, чем в синей?

Девиация частоты поднесущей (вопрос VII. 3) должна быть равна в строках с сигналом $Д'_R$:

$$\Delta f_R = \pm 280 \text{ кГц} \pm 9 \text{ кГц},$$

в строках с сигналом $Д'_B$.

$$\Delta f_B = \pm 230 \text{ кГц} \pm 7 \text{ кГц}.$$

Номинальное значение девиации Δf_R, равное минус 280 кГц, соответствует цветоразностному сигналу $Д'_R = 1$ и сигналам

$$E'_R = 0{,}75;\ E'_G = 0;\ E'_B = 0.$$

Номинальное значение девиации Δf_B, равное плюс 230 кГц, соответствует цветоразностному сигналу $Д'_B = 1$ и сигналам

$$E'_R = 0;\ E'_G = 0;\ E'_B = 0{,}75.$$

Под термином «номинальная девиация» понимается девиация, соответствующая номинальным размахам цветоразностных сигналов, выделенным после демодуляции поднесущих в приемнике. Номинальная девиация поднесущей частоты для сигнала $Д'_R$ выбрана несколько большей, чем для сигнала $Д'_B$. Это привело к некоторому снижению шумов на деталях изображения, окрашенных в красный цвет, где восприятие шума по сравнению с шумами в синем цвете наибольшее, что эквивалентно увеличению помехоустойчивости сигнала, передающего красный цвет.

При передаче цветного изображения в отдельные моменты времени девиация поднесущей частоты может превосходить номинальные значения. В кодирующем устройстве создаются такие условия, при которых величина девиации ограничивается с тем, чтобы не ухудшать условия совместимости (вопрос VI. 4).

Экстремальные значения девиации, достигаемые на выбросах в сигналах $Д'_R$ и $Д'_B$, должны быть равны:

в строках с сигналом $Д'_R$ —

$$\Delta f_{R\,экстр.} = \begin{matrix} +350 \text{ кГц} \pm 18 \text{ кГц} \\ -506 \text{ кГц} \pm 25 \text{ кГц}; \end{matrix}$$

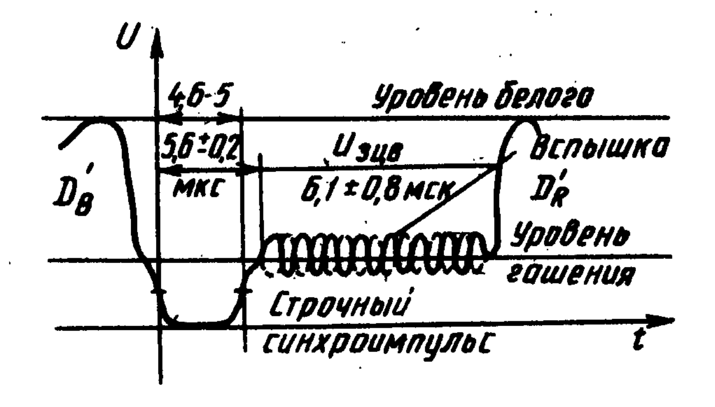
В строках с сигналом $Д'_B$ —

$$\Delta f_{B\,экстр.} = \begin{matrix} +506 \text{ кГц} \pm 25 \text{ кГц} \\ -350 \text{ кГц} \pm 18 \text{ кГц}, \end{matrix}$$

отсчитываемыми по оси частот от соответствующих немодулированных поднесущих.

В результате изменение поднесущей частоты как для сигналов $Д'_R$, так и для сигналов $Д'_B$ происходит в пределах диапазона 3900—4756 кГц. Таким образом, полярность и размах обоих цветоразностных сигналов для наиболее часто встречающихся цветов будут одинаковыми во всем диапазоне девиации. Разность мгновенных значений частот между соседними строками уменьшается, что также улучшает совместимость.

Рис. VII. 9. Положение немодулированной поднесущей частоты (защитная цветовая «вспышка») на строчном гасящем импульсе



VII. 16. Почему цветоразностные сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} имеют одинаковые полосы частот?

Принципиально полосу «синего» сигнала можно было бы на основании рис. VI. 6 ограничить до 0,6 МГц (вопросы V. 6, VI. 11, VI. 12). Однако если сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} сделать разнополосными, то есть уменьшить, например, ширину частотного спектра «синего» сигнала до 0,6 МГц, оставив спектр «красного» сигнала на уровне около 1,5 МГц, то качество цветного изображения в результате этого заметно ухудшится (появляется цветная окантовка, вызванная переходными процессами*). Поэтому спектр частот цветоразностных сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} ограничивается фильтрами нижних частот одинаково (до 1,3 МГц) и они носят название равнополосных.

VII. 17. Для чего на строчном гасящем импульсе передается сигнал немодулированной поднесущей частоты?

В течение 6,1 мкс на строчном гасящем импульсе передается сигнал немодулированной поднесущей частоты (иногда ее называют защитная цветовая «вспышка», рис. VII. 9), назначение которого состоит в том, чтобы предотвратить прохождение шума через ограничительные цепи, включенные в каналах демодуляции сигналов цветности приемника.

При отсутствии такого «защитного» сигнала поднесущей частоты шумы, проникающие через ограничительные каскады на выход, приводят к появлению цветовой бахромы в левой части изображения на экране приемника. Кроме того, этот сигнал служит для устранения переходных процессов в каскаде дискриминатора декодирующего устройства до начала активной части строки (вопрос III. 21).

VII. 18. Что такое сигналы цветовой синхронизации?

В системе цветного телевидения СЕКАМ сигналы цветности передаются поочередно от строки к строке (вопрос VII. 1). Работа электронного коммутатора в приемнике (вопрос III. 20) должна происходить таким образом, чтобы сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} всегда попадали в соответствующие каналы. Если в приемнике произойдет сбой работы коммутатора (переключателя линии задержки), то передаваемый в данный момент сигнал цветности может попасть не в «свой канал обработки и произойдет искажение цвета изображения. Для установления правильного порядка коммутации сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$ на поднесущей с выхода и входа линии задержки (вопрос III. 19) на входы частотных детекторов

* Переходные, или иестационарные, процессы связаны с появлением и исчезновением токов и напряжений.

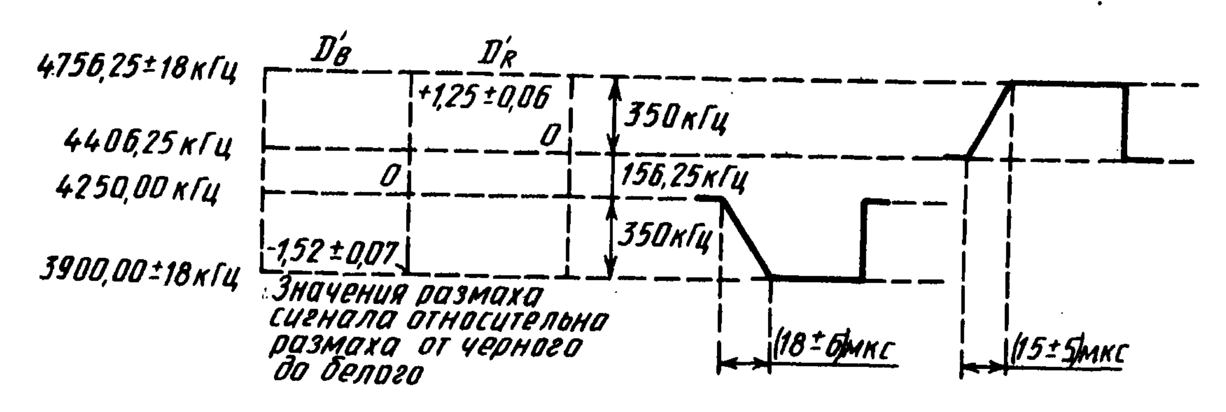


Рис. VII. 10. Форма сигналов цветовой синхронизации

сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$ в состав полного телевизионного сигнала (вопрос VII. 19) замешиваются специальные **сигналы цветовой синхронизации** так называемые **импульсы опознавания цвета** (или строк). Форма сигналов цветовой синхронизации приведена на рис. VII. 10.

Сигналы цветовой синхронизации (опознавания строк) должны передаваться в течение девяти строк в периоды кадровых гасящих импульсов, а именно: на строках с 7-й по 15-ю в первом поле и с 320-й по 328-ю во втором поле кадра (рис. VII. 11). Полярность импульсов выбрана такой, что во время передачи строк, соответствующих цветоразностному сигналу $Д'_R$, передаются положительные полупериоды, а в строках, соответствующих цветоразностным сигналам $Д'_B$,— отрицательные полупериоды. Размещаются эти импульсы на кадровом гасящем сигнале после окончания задних уравнивающих импульсов двойной строчной частоты, следующих после импульса кадровой синхронизации, и передаются с частотой полукадров.

Сигналы цветовой синхронизации представляют собой пакеты цветовой поднесущей, модулированной по частоте последовательно через строку сигналами:

$Д'_R$, который должен изменяться линейно от начала активной части строки в течение 15±5 мкс от 0 до плюс 1,25±0,06 В относительно размаха сигнала яркости от уровня черного до уровня белого и далее ограничиваться на этом уровне;

$Д'_B$, который изменяется линейно от начала активной части строки в течение 18±0,6 мкс от 0 до минус 1,52±0,7 В относительно размаха сигнала яркости от уровня черного до уровня белого и далее ограничиваться на этом уровне. На рис. VII. 11 показано расположение сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$ для одного произвольного кадра изображения. В следующем кадре сигналы меняются местами.

Размах сигналов цветовой синхронизации должен быть равен:

в строках с сигналом $Д'_R$ 540 мВ $^{+40}_{-50}$ мВ,

в строках с сигналом $Д'_B$ 500 мВ ± 50 мВ.

При передаче сигналов цветовой синхронизации максимальные значения девиации (вопрос VII. 3) должны быть:

в строках с сигналом $Д'_R$ +350 кГц ± 18 кГц,

в строках с сигналом $Д'_B$ —350 кГц ± 18 кГц.

Импульсы опознавания формируются в кодирующем устройстве (вопрос VII. 21) на телецентре и, таким образом, представляют собой серию из девяти импульсов трапецеидальной формы. Сигналы цветовой

синхронизации смешиваются с цветоразностными сигналами и модулируют по частоте соответствующие поднесущие. При этом размахи сигналов опознавания взяты такими, что мгновенные значения частот соответствуют максимальным значениям их девиации.

Для сигнала $Д'_R$ $f_{опR} = f_{OR} + 0{,}350 = 4{,}406 + 0{,}350 = 4{,}756$ МГц, а для сигнала $Д'_B$ $f_{опз} = f_{OB} - 0{,}350 = 4{,}250 - 0{,}350 = 3{,}900$ МГц (рис. VII. 10). Этим значениям девиации соответствуют пиковые напряжения поднесущей.

Теоретически нет необходимости передавать сигналы цветовой синхронизации в течение всего времени телевизионной передачи. Достаточно один раз в начале передачи установить правильную фазу работы электронного коммутатора. Однако практически из-за наличия помех, которые могут попасть в канал цветности телевизионного приемника, возможно нарушение правильной фазы работы коммутатора. Поэтому оказывается необходимым регулярно передавать сигналы цветовой синхронизации. Для упрощения приемника импульсы опознавания также передаются при помощи частотной модуляции.

VII. 19. Что представляет собой полный видеосигнал системы цветного телевидения СЕКАМ-IIIБ?

Полный видеосигнал $E_п$ на выходе кодирующего устройства (вопрос VII. 21) равен:

$$e_П = E'_Y + U_{ЧМ} + E_{СИ}\,;\quad U_{ЧМ} = U_Ц + U_{ЦС} + U_{ЗЦВ},$$

где E'_Y — сигнал яркости;

$U_{ЧМ}$ — полный сигнал цветности на поднесущей с частотной модуляцией;

$E_{СИ}$ — импульсы синхронизации развертки приемников (синхросмесь);

$U_Ц$ — сигнал цветности изображения (цветоразностные сигналы) на поднесущей с частотной модуляцией;

$U_{ЦС}$ — сигнал цветовой синхронизации на поднесущей с частотной модуляцией (вопрос VII. 18);

$U_{ЗЦВ}$ — защитные цветовые «вспышки» на поднесущей с частотной модуляцией (вопрос VII. 17):

VII. 20. С какой целью осуществляется дополнительная амплитудная модуляция частотно-модулированного сигнала цветности системы СЕКАМ-IIIБ?

Такая модуляция стандартом не предусмотрена, но желательна. Она наряду с низкочастотной и высокочастотной коррекциями является третьим видом предварительной коррекции (вопросы VII.10, VII. 11), которой подвергаются сигналы цветности. Дополнительная амплитудная модуляция введена по следующей причине.

В приемнике цветного телевидения яркостный видеосигнал по отношению к сигналу цветности является помехой. Энергия яркостного сигнала, приходящаяся на участок частотного диапазона, где передаются сигналы цветности, а следовательно, и величина помехи зависит от характера передаваемого изображения. Предыскажения заключаются в том, что при размахе составляющих яркостного сигнала в полосе канала цветности, превосходящей 70 % номинальной амплитуды поднесущей, сигналы цветности временно усиливаются. При этом уменьшается вредное влияние помехи яркостного сигнала в канале цветности приемника. Если же сигнал яркости таков, что его энергия в той области частотного диапазона, где передаются сигналы цветности, невелика, дополнительная амплитудная модуляция отсутствует. Таким образом удается добиться улучшения отношения сигнал/шум в приемнике.

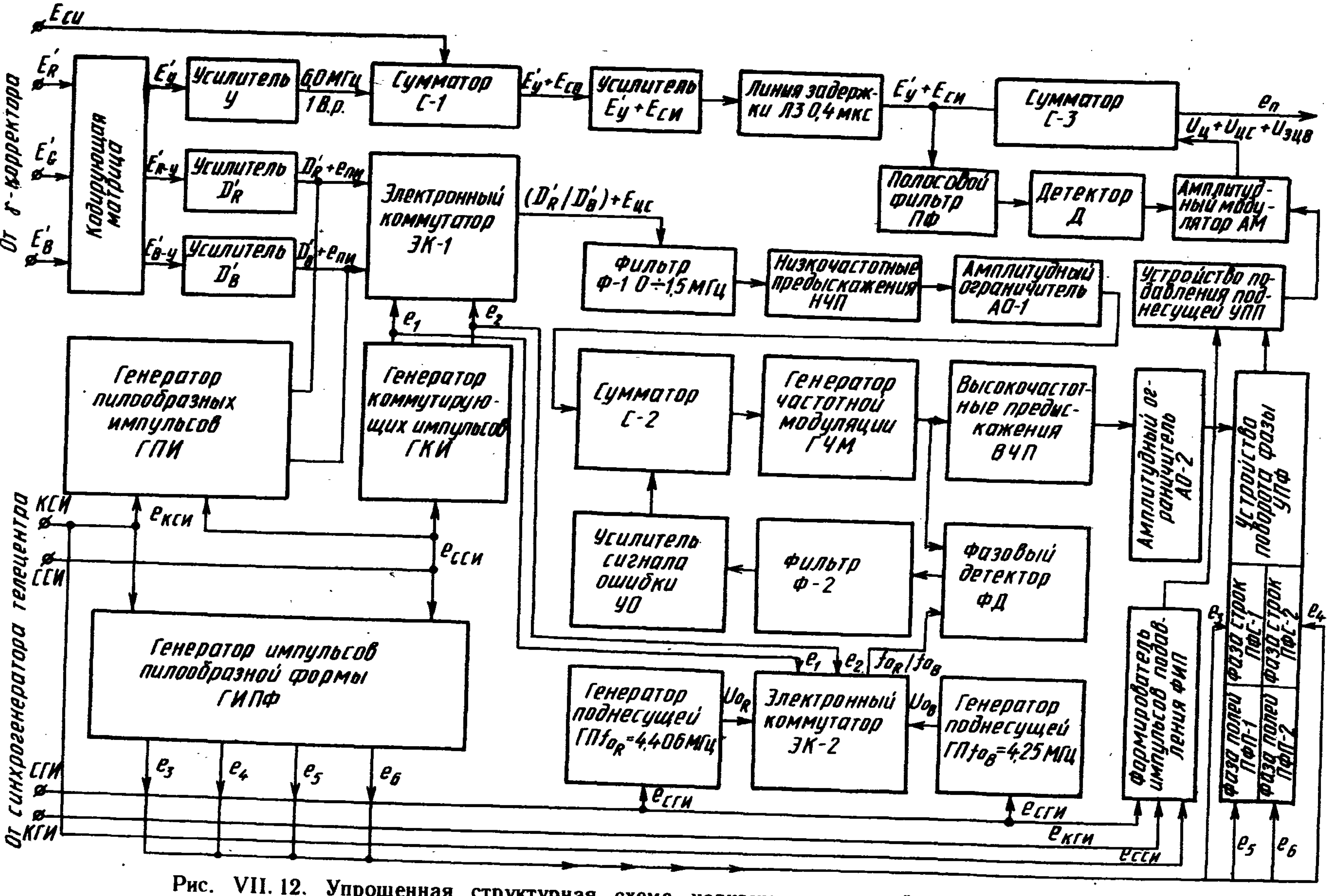


Рис. VII. 12. Упрощенная структурная схема кодирующего устройства системы СЕКАМ

VII. 21. Какова структурная схема кодирующего устройства стандартной системы цветного телевидения СЕКАМ?

На рис. VII. 12 дана упрощенная структурная схема кодирующего устройства для стандартной системы СЕКАМ.

С гамма-корректора на вход кодирующей матрицы М (вопросы VI. 13, VI. 14) поступают напряжения трех цветоделенных сигналов E'_R, E'_G, E'_B (вопрос VI. 7). В матричной схеме создаются сигнал яркости E'_Y и два цветоразностных сигнала E'_{R-Y} и E'_{B-Y} (вопрос VI.9).

После усиления сигнал яркости E'_Y поступает на вход сумматора С-1, куда от синхрогенератора телецентра поступают также импульсы синхронизации развертки $E_{СИ}$ (сигналы синхроизации приемников — ССП).

Усиленные сигналы $E'_Y + E_{СИ}$ поступают на линию задержки ЛЗ (примерно на 0,4 мкс), назначение которой в том и состоит, чтобы согласовать во времени сигнал яркости с сигналом цветности на поднесущей на выходе сумматора С-3, так как сигналы цветности проходят более длинный путь, чем яркостный. Точность согласования во времени этих сигналов должна быть не хуже ±40 нс.

Цветоразностные сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} поступают соответственно на «свои» видеоусилители, в которых происходит преобразование их в сигналы $Д'_R$ и $Д'_B$ (вопрос VII. 6). На эти же усилители поступают также для сложения с видеосигналами $Д'_R$ и $Д'_B$ пилообразные импульсы $e_{ПИ}$ (в одинаковой полярности, вырабатываемые генератором пилообразных импульсов ГПИ, из которых на выходе электронного коммутатора ЭК-1 образуется видеосигнал цветовой синхронизации $E_{ЦС}$; вопрос VII. 18).

С выхода электронного коммутатора ЭК-1 на вход фильтра нижних частот Ф-1 (здесь полоса цветоразностных сигналов ограничивается до 1,5 МГц) поступают поочередно (с чередованием по строкам растра поля) цветоразностные сигналы $Д'_R$ и $Д'_B$ вместе с видеосигналами цветовой синхронизации $E_{ЦС}$. В табл. VII. 3 показана очередность подачи цветоразностных сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$ на вход фильтра Ф-1. Следовательно, полное цветное изображение передается за 4 поля, то есть за два полных кадра.

Электронный коммутатор ЭК-1 управляется симметричными коммутирующими импульсами e_1 и e_2 с частотой, равной половине частоты строк,

Таблица VII. 3

Очередность подачи цветоразностных сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$ на вход фильтра Ф-1

Номера строк изображения		Передаваемые цветоразностные сигналы			
Поля 1 и 3	Поля 2 и 4	Поле 1	Поле 2	Поле 3	Поле 4
1	—	$Д'_R$	—	$Д'_B$	—
—	2	—	$Д'_B$	—	$Д'_R$
3	—	$Д'_B$	—	$Д'_R$	—
—	4	—	$Д'_R$	—	$Д'_B$

и так далее

которые вырабатываются генератором коммутирующих импульсов ГКИ из строчных синхроимпульсов.

Сигнал $E_{ЦС}$ предназначен для обеспечения синфазной работы коммутатора ЭК-1 на телецентре и коммутатора сигналов на поднесущей в приемнике цветного телевидения (вопрос III. 20). Этот сигнал вместе с сигналами $Д'_R$ и $Д'_B$ модулирует по частоте поднесущие колебания в генераторе частотной модуляции ГЧМ, образуя таким образом сигнал цветовой синхронизации на поднесущей $U_{ЦС}$.

Пилообразные импульсы $e_{ПИ}$ подаются в одинаковой полярности на видеоусилители цветоразностных сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$. На выходе усилителя $Д'_R$ импульсы $e_{ПИ}$ имеют такую же полярность, как и на входе; на выходе усилителя $Д'_B$ импульсы $e_{ПИ}$ имеют полярность, противоположную их полярности на входе. На выходе электронного коммутатора ЭК-1 импульсы $e_{ПИ}$ с выходов цветоразностных видеоусилителей $Д'_R$ и $Д'_B$ чередуются в той же последовательности, что и сигналы $Д'_R$ и $Д'_B$, как показано на цв. рис. VII. 11. Здесь чередующиеся импульсы $e_{ПИ}$ разной полярности обозначены буквами $Д'_R$ и $Д'_B$ в знак того, что положительные импульсы $e_{ПИ}$ передаются в тех строках, в которых должны быть переданы сигналы $Д'_R$, а отрицательные импульсы $e_{ПИ}$ передаются в тех строках, в которых должны были передаваться сигналы $Д'_B$.

Группа пилообразных импульсов $Д'_R$ и $Д'_B$ (цв. рис. VII. 11) образует видеосигнал цветовой синхронизации $E_{ЦС}$ (вопрос VII. 18). При этом импульсы $e_{ПИ}$, обозначенные $Д_R$, изменяются линейно, начиная от начала строки в течение 15 ± 5 мкс, и далее ограничиваются в амплитудном ограничителе АО-1 на уровне плюс 1,25 ± 0,06 В (за единицу принят размах сигнала яркости от белого до черного). Импульсы $e_{пи}$, обозначенные $Д_B$, изменяются линейно, начиная от начала строки в течение 18 ± 6 мкс, и далее ограничиваются в АО-1 на уровне минус 1,52 ± 0,07 В. Период импульсов цветовой синхронизации также равен четырем полям развертки (отсчет всех импульсов ведется от начала кадрового синхроимпульса, фронт которого совпадает с фронтом строчного гасящего импульса).

После фильтра Ф-1 (с полосой пропускания 0—1,5 МГц и затуханием не более 6 дБ, при затухании не менее 20 дБ на частоте 3 МГц) цветоразностные сигналы $Д'_R$, $Д'_B$ совместно с сигналом цветовой синхронизации $E_{цс}$ поступают на устройство низкочастотных предыскажений (НЧП), в котором производится подъем высоких частот в этих сигналах (вопрос VII. 10).

Подъем высоких частот в сигнале схемы НЧП приводит к появлению в сигналах выбросов (пик) на переднем и заднем краях импульсов (рис. VII.1). Чрезмерно большие выбросы срезаются амплитудным ограничителем АО-1, включенным на выходе НЧП.

С выхода АО-1 видеосигналы $Д'_R/Д'_B$ и $E_{цс}$ $Д'_R/Д'_B$ через сумматор С-2 поступают на генератор частотной модуляции ГЧМ. Во время строчных гасящих импульсов сигналы $Д'_R$ и $Д'_B$ отсутствуют (равны нулю) и генератор ГЧМ вырабатывает немодулированные частоты, близкие к опорным f_{OR} и f_{OB} соответственно.

Сигналы этих частот поступают в схему автоподстройки частоты и фазы (АПФ), состоящую из фазового детектора (ФД), фильтра низких частот Ф-2, усилителя сигнала ошибки УО (управляющего напряжения), кварцевых генераторов ГП и опорных поднесущих частот f_{OR} и f_{OB} (вопрос VII. 18), управляемых строчными гасящими импульсами (СГИ), и электрон-

ного коммутатора ЭК-2. А этот, в свою очередь, управляет импульсами e_1 и e_2, как и электронный коммутатор ЭК-1.

Импульсы e_1 и e_2 поочередно коммутируют генераторы ГП на вход фазового детектора ФД, начиная с момента, соответствующего переднему краю строчного синхроимпульса. Таким образом, во время передачи сигнала $Д'_R$ (во время строчного гасящего импульса и активной части строки, рис. VII. 9) электронный коммутатор ЭК-2 пропускает на ФД поднесущие колебания от генератора ГП с частотой f_{OR}.

В фазовом детекторе происходит сравнение фаз колебаний на его входах с частотой собственных колебаний генератора ГЧМ и частотой f_{OR}. В результате этого на выходе вырабатывается напряжение, называемое сигналом ошибки или управляющим напряжением. Это напряжение через фильтр Ф-2 подается на усилитель сигнала ошибки УО, с выхода которого сигнал ошибки поступает через сумматор С-2 на генератор частотной модуляции (ГЧМ) и подстраивает его на частоту f_{OR}.

Таким образом, благодаря действию схемы АПФ наступает синхронизация генератора ГЧМ колебаниями от генератора ГП, и частота колебаний защитных цветовых вспышек $U_{зцв}$ (вопрос VII. 18) во время строчного гасящего импульса становится равной f_{OR}. По окончании строчного гасящего импульса сигнал $Д'_R$ модулирует генератор ГЧМ, причем центральная частота колебаний благодаря действию схемы АПФ сохраняется равной f_{OR}.

В следующей строке передается сигнал $Д'_B$ и аналогичным образом электронный коммутатор ЭК-2 пропускает на ФД поднесущие колебания от генератора ГП с частотой f_{OB}. Выбор в системе СЕКАМ для передачи сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$ двух поднесущих частот f_{OR} и f_{OB} вместо одной поднесущей сделан с целью повышения помехоустойчивости приема.

Во время кадрового гасящего импульса, за исключением интервала времени, в котором передаются видеосигналы цветовой синхронизации $E_{цс}$, сигналы $Д'_R$ и $Д'_B$ равны нулю. Поэтому на выходе генератора ГЧМ частота равна f_{OR} в интервалах времени, соответствующих передаче сигнала $Д'_R$ и f_{OB} в интервалах времени, соответствующих передаче сигнала $Д'_B$, как это имело место во время строчных гасящих импульсов. В интервале времени, когда передаются сигналы цветовой синхронизации $E_{цс}$, они модулируют поднесущую с частотами f_{OR} и f_{OB} в генераторе ГЧМ.

В результате этого сигнал цветовой синхронизации на поднесущей $U_{цс}$ состоит из девяти пакетов ее колебаний, модулированных по частоте видеосигналами цветовой синхронизации $E_{цс}$, показанными на цв. рис. VII.11.

С выхода генератора ГЧМ частотно-модулированный сигнал $U_{чм}$, состоящий из $U_ц + U_{цс} + U_{зцв}$, поступает на схему высокочастотных предыскажений (ВЧП). Последняя создает некоторый подъем амплитуд боковых колебаний сигнала $U_{чм}$, относительно колебаний поднесущей (вопрос VII. 11).

С выхода устройства ВЧП частотно-модулированный сигнал поступает на усилитель — амплитудный ограничитель АО-2 и затем на устройство поворота на 180° (инверсии) фазы (УПФ) частотно-модулированного сигнала. Он состоит из сигнала цветности $U_ц$, защитных цветовых вспышек $U_{зцв}$ и импульсов цветовой синхронизации $U_{цс}$ (вопросы VII. 17, VII. 18).

Так как частоты f_{OR} и f_{OB} кратны частоте строк, то есть кратны четным гармоникам половины частоты строк (вопрос VII. 18), то заметность рисунка, созданного колебаниями поднесущей на экране приемников черно-белого и цветного телевидения будет весьма значительной и совместимость

системы цветного телевидения будет плохой. Для снижения заметности этого рисунка применяется коммутация фазы частотно-модулированного сигнала в УПФ, на выходе которого фаза этого сигнала относительно колебаний эталонных частот должна быть 0 или 180° (вопрос VII. 19).

Изменение фазы производится по одному из двух следующих законов. Согласно первому закону изменение фазы на 180° производится в начале и в конце каждой третьей строки поля (0,0, 180, 0,0, 180° и т. д.), а также в каждом поле (0, 180, 0, 180 и т. д.), то есть в поле m имеем две строки 0°, одна строка 180°, в поле m + 1 имеем две строки 180°, одна строка 0°. Таким образом, период изменения фазы сигнала цветности на поднесущей равен 6 полям, а по вертикали — 6 строкам изображения. Период повторения фазы сигнала цветности на поднесущей с учетом чередования модулирующих сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$ равен 12 полям, а по вертикали — 12 строкам.

Согласно второму закону фаза меняется также в каждом следующем поле, но сохраняется в течение трех строк (0, 0, 0, 180, 180, 180 и т. д.). В этом случае период изменения фазы сигнала цветности на поднесущей с учетом чередования сигналов $Д'_R$ и $Д'_B$ также равен 12 полям, а по вертикали — 12 строкам изображения. Устройство поворота фазы (УПФ) состоит из двух блоков поворота по строкам — ПФС-1 и ПФС-2 и двух блоков поворота по полям — ПФП-1 и ПФП-2, на которые подводятся коммутирующие импульсы e_3, e_4, e_5, e_6, вырабатываемые в генераторе импульсов поворота фазы (ГИПФ). Этот генератор управляется строчными и кадровыми синхроимпульсами (ССИ и КСИ), которые поступают от синхрогенератора телевизионного центра.

В первом поле сигналы строк *1* и *3* изображения проходят через каскад ПФС-1, который открыт импульсом e_3. Каскад ПФС-2 в это время заперт. Сигнал строки 5 изображения проходит через каскад ПФС-2, который открывается импульсами e_4, каскад ПФС-1 в это время заперт.

Импульсы e_3 и e_4 обеспечивают переключение каскадов ПФС-1 и ПФС-2 во всех полях развертки. Так как фазы сигнала должны быть в полях 1 и 6, 2 и 3, 4 и 5 взаимно противоположны, то импульсы e_3 могут быть одинаковыми в этих парах полей, а поворот фазы достигается в каскадах ПФП-1 и ПФП-2, управляемых импульсами e_5 и e_6, коммутирующих сигнал по полям. Каскад ПФП-1 пропускает сигналы в полях 1, 3, 5, 7, 9, 11 (поворот фазы 0°). Каскад ПФП-2 пропускает сигналы в полях 2, 4, 6, 8, 10, 12 (поворот фазы 180°).

При использовании второго закона изменения фазы. Устройство УПФ работает следующим образом. Импульсы e_3 и e_4 обеспечивают переключение каскадов ПФС-1 и ПФС-2 по строкам. Так как фазы сигнала в полях развертки 1 и 7, 2 и 8, 3 и 9, 4 и 10, 5 и 11, 6 и 12 должны быть взаимно противоположны, то импульсы e_3 в этих парах полей одинаковы, то же самое — импульсы e_4. Поворот фазы сигнала происходит в каскадах ПФП-1 и ПФП-2, управляемых импульсами e_5 и e_6, осуществляемых коммутацию сигнала по полям. Сигнал в полях 1, 2, 3, 4, 5, 6, проходит через каскад ПФП-1 (поворот фазы 0°); сигнал в полях 7, 8, 9, 10, 11, 12 проходит через каскад ПФП-2 (поворот фазы 180°). Преимуществом второго закона изменения фазы является возможность осуществления изменения ее по полям и строкам одним коммутатором.

После поворота фазы в УПФ, частотно-модулированные колебания подаются на устройство подавления поднесущей (УПП), на которое поступают также импульсы с формирователя импульса подавления (ФИП). Эти импульсы в необходимых интервалах времени производят привязку частотно-модулированных колебаний на выходе УПП к уровню гасящих

импульсов, подавляя тем самым колебания поднесущей. Привязка производится во время строчных и кадровых гасящих импульсов, за исключением интервалов времени, когда передаются защитные цветовые «вспышки» $U_{зцв}$ (во время строчных гасящих импульсов) и когда передаются сигналы цветовой синхронизации $U_{цс}$ (во время кадровых гасящих импульсов).

Передача защитных цветовых «вспышек» (вопрос VII. 17) необходима для того, чтобы в приемнике режим ограничения установился в амплитудных ограничителях канала цветности, включенных перед частотными детекторами, до начала активной части строки (то есть начало передачи изображения). Иначе у левого края экрана изображение будет искажено сильными шумами и переходными процессами.

С выхода устройства подавления поднесущих колебаний (УПП) частотно-модулированный сигнал поступает на амплитудный модулятор (АМ), в котором осуществляется дополнительная амплитудная модуляция сигналом, зависящим от величины составляющих сигнала яркости E'_Y в полосе частот сигнала цветности на поднесущей. Это предложено для устранения помех (перекрестных искажений) от сигнала яркости в канале цветности.

Для указанной модуляции составляющие сигнала яркости, находящиеся в полосе частот сигнала цветности на поднесущей, с помощью полосового фильтра (ПФ) подаются на амплитудный детектор (Д). Если напряжение E'_Y на выходе ПФ превышает размах защитных цветовых «вспышек», напряжение с выхода детектора поступает на амплитудный модулятор, который увеличивает размах сигнала цветности максимально в два раза относительно номинальной величины.

В сумматоре С-3 происходит сложение сигнала яркости E'_Y с сигналом цветности на поднесущей $U_ц$ и на выходе сумматора имеем полный сигнал цветного телевидения $e_п$ (вопрос VII. 19).

VII. 22. Что такое «дифференциальное усиление»?

Многие узлы телевизионной аппаратуры имеют нелинейную амплитудную характеристику $U_{вых} = f(U_{вх})$. Нелинейность амплитудной характеристики видеоканала приводит к изменению соотношений между размахами выходного и входного сигналов яркости и цветности и к появлению характерных перекрестных искажений между этими сигналами, вызванных спецификой одновременной передачи сигналов яркости и цветности (искажения «яркость — цветность»). По своей природе нелинейность амплитудной характеристики видеоканала может быть трех различных видов: искажение в результате насыщения, искажение вследствие среза и s-образное искажение (рис. VII.13,а). Следовательно, поданный на вход усилителя пилообразный сигнал правильной формы получится на выходе искаженным.

Такой тип искажений не порождает особых неприятностей в черно-белом телевидении: он вносит некоторую ошибку градации тона, но не больше. Само собой разумеется, что при передаче цветного телевизионного сигнала по системе NTSC это приведет к нежелательному изменению амплитуды поднесущей. Предположим, например, что синусоида малой, но постоянной амплитуды наложена на названный выше пилообразный сигнал. На выходе усилителя амплитуда этой поднесущей перестанет быть постоянной, а будет зависеть от мгновенного значения уровня яркостного сигнала (рис. VII. 13, б).

Это явление, когда коэффициент усиления поднесущей является функцией мгновенного значения яркости, известно под названием дифференциального усиления. Как известно, в американской системе NTSC и западногерманской системе PAL амплитуда поднесущей передает информацию о насыщен

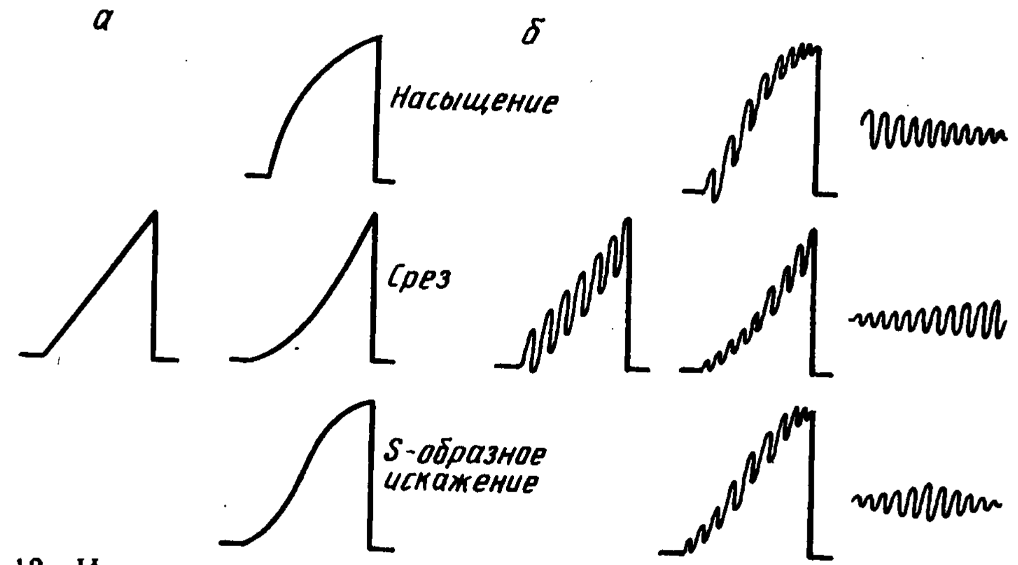


Рис. VII. 13. Искажения сигнала пилообразной формы («дифференциальное усиление»):

а — виды искажений линейного пилообразного сигнала из-за нелинейности амплитудной характеристики усилителя; *б* — этот же сигнал, модулированный синусоидальным напряжением, претерпевающий также же искажения

ности цветов, следовательно, неизбежная нелинейность вызывает искажение насыщенности (вопрос V. 5).

В советско-французской системе СЕКАМ амплитуда поднесущей не несет никакой информации, поэтому она ограничивается в декодирующем устройстве, и искажения вследствие дифференциального усиления не оказывают никакого влияния на правильность воспроизведения цветов.

Экспериментально установлены допуски на искажения типа «дифференциальное усиление» для систем цветного телевидения: NTSC — 20—25 %, PAL — 20—40 %, СЕКАМ — 60—70 %.

VII. 23. Что такое «дифференциальная фаза»?

Входные и выходные реактивные сопротивления активных элементов (ламп или транзисторов), как известно, несколько изменяются в зависимости от места рабочей точки на динамической характеристике. Следовательно, возникает некоторый паразитный сдвиг фазы, определяемый местом нахождения рабочей точки. Во многих звеньях телевизионного тракта — усилителе, модуляторе, кодере, передатчике и других блоках — могут образовываться нелинейные реактивные цепочки. В качестве примера возьмем простую нелинейную *RC*-цепочку (рис. VII. 14, а), у которой выходная емкость конденсатора C постоянна, а активное сопротивление резистора R зависит от приложенного к нему напряжения. В реальных случаях такая зависимость может иметь место из-за появления сеточных токов, изменения усиления в каскаде за счет нелинейности характеристик лампы и прочее.

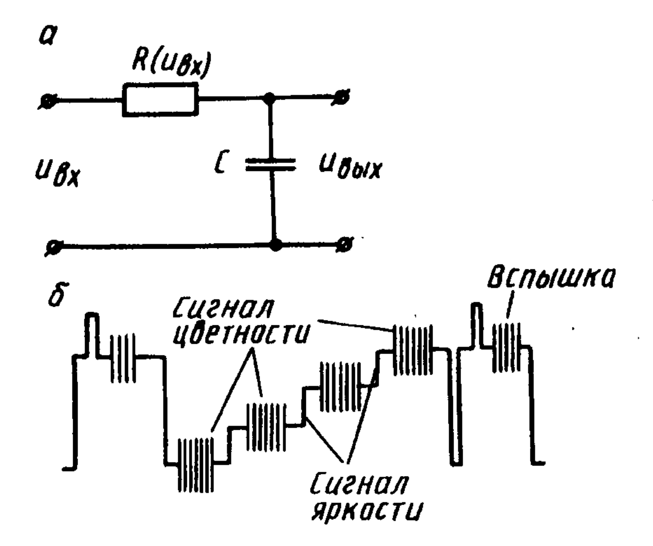
При подаче на вход такой цепочки полного сигнала цветного телевидения, работающего на принципе квадратурной модуляции (система NTSC), цветовой тон различных мест изображения будет меняться в зависимости от мгновенного сигнала яркости. Пусть, например, сигнал яркости представляет собой ступенчатое напряжение (рис. VII. 14, б), на ступеньках которого расположен сигнал цветности на поднесущей $f_ц$. Сдвиг фаз в нелинейной цепочке RC определяется выражением:

$$\text{tg}\,\varphi = \frac{\omega \cdot C}{R}$$

и если R зависит от величины E'_Y, то и φ будет также зависеть от напряжения сигнала яркости.

Рис. VII. 14. Искажения типа «дифференцнальная фаза»:

а — нелинейный реактивный элемент; *б* — сигнал для проверки искажений



Это **явление, когда величина фазового сдвига поднесущей частоты зависит от размаха яркостного сигнала, известно под названием дифференциальной фазы**. Как известно, в системе NTSC фазовые соотношения в сигнале цветности несут информацию о цветовом тоне. Поэтому в американской системе искажения типа «дифференциальная фаза» ведут к неправильной передаче цветового тона.

В западногерманской системе PAL фаза поднесущей одного и того же цветоразностного сигнала от строки к строке меняется на 180°. Такое изменение приводит к тому, что фазовые ошибки, одинаковые по величине, имеют разные знаки и происходит компенсация искажений типа «дифференциальная фаза».

В системе СЕКАМ информация о цветности передается с помощью частотной модуляции (вопрос VII. 2). Сдвиг фазы в передающем тракте под воздействием дифференциальной фазы за время Δt увеличивается с φ до $\varphi + \Delta\varphi$. Поскольку частота является производной фазы во времени, то появляется вредное отклонение частоты:

$$\Delta F = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

Появление искажений «дифференциальная фаза» в тракте приводит к искажениям цвета, пропорциональным скорости изменения яркости (обратно пропорциональны длительности перепада яркости). Это связано с тем, что на переходах паразитное изменение фазы по времени создает выброс частоты, к которому система СЕКАМ чувствительна. Коррекция предыскажений (вопрос VII. 11) значительно растягивает короткие яркостные перепады (Δt) и тем самым уменьшает приращение частоты поднесущей (Δf). Напряжение помехи на выходе частотного детектора, вызванное искажениями «дифференциальная фаза», будет независимым от длительности перепада яркостного сигнала при условии, что она менее 2—3 мкс. Следовательно, коррекция существенно уменьшает фазовые искажения.

Таким образом, в системе СЕКАМ искажения, вызываемые «дифференциальной фазой», могут повлиять лишь на переходы, а не на широкие одноцветные участки изображения. Обычно считают, что отклонение ±25° вызывает едва заметный эффект (то есть допуск в 5 раз больше, чем в системе NTSC).

Экспериментально установлены допуски на искажения «дифференциальная фаза» для систем цветного телевидения: NTSC — от ±12 до ±20°, СЕКАМ — от ±40 до ±60°; PAL — от ±60 до ±70°.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ И РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Айсберг Е., Дури Ж.— П. Цветное телевиденне?.. Это почти просто! — М.: Энергия, 1969.— 120 с.

Ельяшкевич С. А., Кишиневский С. Э. Унифицированные цветные телевизоры II класса.— М.: Связь, 1977.— 112 с.

Ельяшкевич С. А. Неисправности и настройка цветных телевизоров.— М.: Энергия, 1980.— 232 с.

Ельяшкевич С. А., Кишиневский С. Э.— Блоки и модули цветных унифицированных телевизоров.— М.: Радио и связь, 1982.— 192 с.

Иванов В. Г., Краснов С. К., Шлемин А. И. Установка цветных телевизоров.— М.: Связь, 1978.— 64 с.

Коваль Р. А. Цветной телевизор в вашем доме — М.: Энергия, 1978.— 56 с

Новаковский С. В. Цветное телевидение: Основы теории цветовоспроизведения.— М.: Связь, 1975.— 376 с.

Певзнер Б. М. Системы цветного телевидения.— Л.: Энергия, 1969.— 232 с.

Певзнер Б. М. Качество цветных телевизионных изображений.— М.: Связь, 1980.— 136 с.

Почепа А., Фомин Н. Эксплуатация и ремонт цветных телевизоров.— Одесса: Маяк, 1974.— 200 с.

Почепа А. Телевидение в вопросах и ответах.— Одесса: Маяк, 1969.— 392 с.

Пясецкий В. В. Справочник телезрителя в вопросах и ответах.— Мн.: Беларусь, 1975.— 272 с.

Самойлов В. Ф., Хромой Б. П. Система цветного телевидения СЕКАМ.— М.: Энергия, 1977.— 48 с.

Самойлов Г. П., Скотин В. А. Телевизоры и их ремонт.— М.: Связь, 1980.— 304 с.

Сотинков С. К. Модернизация узлов телевизоров.— М.: Радио и связь, 1981.— 88 с.

Сотников С. А. Регулировка и ремонт цветных телевизоров УЛПЦТ(И)-59/61-II.— М.: Радио и связь, 1984.— 120 с.

Техника цветного телевидения /Под ред. С. В. Новаковского.— М.: Связь, 1976.— 496 с.

Тихомиров В. С. Особениости приемника цветного телевидения.— М.: Энергия, 1974.— 104 с.

Хохлов Б. Н. Декодирующее устройство телевизионных приемников.— М.: Связь, 1979.— 128 с.

Цветные телевизоры и их эксплуатация /Под ред. С. В. Новаковского.— М.: Связь, 1974.— 200 с.

Чечик А. М., Шлемин А. И. Качество изображения в цветном телевизоре.— М.: Связь, 1975.— 80 с.

Чечик А. М. Зрителю о цветиом телевидении.— М.: Радио и связь, 1981.— 78 с.

СОДЕРЖАНИЕ